



## **TUGAS AKHIR - TE 141599**

### **RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

**IMAM FITRIATNO**  
**NRP 2211 100 132**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**  
**Ir. Tasripan, MT.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - TE 141599**

**SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH  
PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL  
BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING  
GUIDE**

**IMAM FITRIATNO  
NRP 2211 100 132**

**Supervisor  
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
Ir. Tasripan, MT.**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN  
KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS  
MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada  
Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**  
NIP: 19690426199031003

**Ir. Tasripan, MT.**  
NIP: 196204181990031004

**SURABAYA  
JULI, 2015**

# **RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

Imam Fitriatno  
2211100132

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
Dosen Pembimbing II : Ir. Tasripan, MT.

## **Abstrak:**

Memasak pada dasarnya bukan pekerjaan yang sulit. Karena syarat utama memasak adalah mengetahui komposisi dan cara memasaknya. Misalnya, memasak air hanya membutuhkan air yang dipanaskan sampai mendidih, dan masakan lain yang lebih kompleks seperti sayur sop, semur, tumis, dan sebagainya. Menariknya dengan komposisi yang sama setiap orang mempunyai hasil masakan yang berbeda. Ternyata hal tersebut sering ditemui pada orang yang belajar memasak atau belajar resep baru. Beberapa masalah yang sering ditemui pada pemula adalah sulit memperkirakan besar nyala api, sulit mengetahui kematangan masakan, menentukan lama waktu memasak, dan harus mengingat resep dan langkah memasak. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Oleh sebab itu, dirancanglah kompor dengan suhu terprogram yang juga dapat memandu pemasak, dimana suhu dapat diketahui melalui termokopel. Suhu menjadi referensi mikrokontroller Arduino dalam mengatur besar nyala api melalui motor servo, LCD *display* menjadi panduan dalam memasak berupa langkah memasak yang sudah disediakan, dan *pushbutton* menjadi tombol navigasi pemasak dalam memilih resep masakan. Salah satu contohnya adalah sayur sop, dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu dan suhu, yakni ketika memasak wortel, kentang, dan buncis, memasukkan bahan tersisa, memasukkan bumbu, dan mengaduk sayuran sampai matang dimana membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit. Pengaturan suhu mulai dari 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Dengan adanya kompor dengan suhu terprogram pemula lebih mudah dalam belajar memasak dan mendapatkan hasil masakan sesuai dengan yang diharapkan.

**Kata kunci:** kompor, mikrokontroller, sensor suhu.



# RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK

Imam Fitriatno  
2211100132

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
Dosen Pembimbing II : Ir. Tasripan, MT.

## Abstrak:

Memasak pada dasarnya bukan pekerjaan yang sulit. Karena syarat utama memasak adalah mengetahui komposisi dan cara memasaknya. Misalnya, memasak air hanya membutuhkan air yang dipanaskan sampai mendidih, dan masakan lain yang lebih kompleks seperti sayur sop, semur, tumis, dan sebagainya. Menariknya dengan komposisi yang sama setiap orang mempunyai hasil masakan yang berbeda. Ternyata hal tersebut sering ditemui pada orang yang belajar memasak atau belajar resep baru. Beberapa masalah yang sering ditemui pada pemula adalah sulit memperkirakan besar nyala api, sulit mengetahui kematangan masakan, menentukan lama waktu memasak, dan harus mengingat resep dan langkah memasak. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Oleh sebab itu, dirancanglah kompor dengan suhu terprogram yang juga dapat memandu pemasak, dimana suhu dapat diketahui melalui termokopel. Suhu menjadi referensi mikrokontroller Arduino dalam mengatur besar nyala api melalui motor servo, LCD *display* menjadi panduan dalam memasak berupa langkah memasak yang sudah disediakan, dan *pushbutton* menjadi tombol navigasi pemasak dalam memilih resep masakan. Salah satu contohnya adalah sayur sop, dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu dan suhu, yakni ketika memasak wortel, kentang, dan buncis, memasukkan bahan tersisa, memasukkan bumbu, dan mengaduk sayuran sampai matang dimana membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit. Pengaturan suhu mulai dari 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Dengan adanya kompor dengan suhu terprogram pemula lebih mudah dalam belajar memasak dan mendapatkan hasil masakan sesuai dengan yang diharapkan.

**Kata kunci:** kompor, mikrokontroller, sensor suhu.

# **SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING GUIDE**

Imam Fitriatno  
2211100132

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
Supervisor II : Ir. Tasripan, MT.

## **Abstract:**

*Cooking is not as hard as it may look, as long as one knows the ingredients and how to prepare them. From the most fundamental process, such as boiling water, which only requires water to be heated until it boils, to more complex dishes such as vegetable soup, stews, stir-fry, et cetera. However, it is interesting that different people using the same ingredients can produce various results. Apparently the aforementioned problem is common in beginner cooks or those trying new recipes. The cause of such problem are that the beginners can't estimate the size of flame.*

*Therefore, this final project is an effort to resolve that issue. The existing stove system is redesigned with fixed temperature so that it's easier for the user to know their cooking temperature through the thermocouple. Temperature will be a reference for Arduino microcontroller in adjusting the flame through the servo motor, LCD display shows the step-by-step recipe, and a push-button will navigate user in choosing recipes. One of the recipes available in the system is a vegetable soup recipe. It takes 5 times of temperature and time adjustment, which is when the carrots, potatoes, and beans were poured, putting in the remaining ingredients, seasoning, and stirring the vegetables which overall takes approximately 15 minutes. In addition the temperature was adjusted between 120, 130 and 140 Celcius. The programmable temperature and menu of this stove had minimized the difficulties experienced so that cooking can be easier and efficient for all.*

**Keyword:** Microcontroller, stove, temperature sensor.

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terhitung kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

### **RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TEPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. dan Bapak Ir. Tasripan, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
3. Ibu dan Bapak yang telah memberi dukungan moril, nasehat, semangat, doa, dan materil. Jasamu tak kan terbayar dengan apapun, semoga anakmu ini bisa membalasnya suatu hari nanti.
4. Adikku Pipit yang juga menjadi motivasi utama dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Keluarga asisten Laboratorium Elektronika yang ikut membantu dan menemani dalam segala hal.
6. Teman-teman laboratorium B.402 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
7. Teman-teman satu angkatan 2011 reguler Elektro yang menjadi motivasi tersendiri dan teman berbagi cerita dalam suka maupun duka, dan terimakasih banyak atas semangat dan bantuannya dalam masak-memasak.
8. Keluarga kecil ITS EXPO 2014 dan keluarga besar ITS EXPO terima kasih banyak atas dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan selama ini.



9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

**Penulis**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi .....	4
 BAB II DASAR TEORI.....	 5
2.1 Termokopel .....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel.....	5
2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel.....	7
2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu .....	7
2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel.....	7
2.1.5 Penggunaan Termokopel .....	9
2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel.....	10
2.2 Modul MAX6675 .....	10
2.2.1 Konfigurasi MAX6675 .....	14
2.2.2 Karakteristik MAX6675 .....	15
2.3 Arduino Uno R3 .....	17
2.4 Servo .....	19
2.4.1 Servo Towerpro MG996R .....	21
2.5 LCD Display .....	22
2.6 Kompor Portabel Winn Gass.....	23
2.7 Pemantik Kompor .....	24
2.8 Titik Didih Zat Cair .....	26

2.8.1 Air .....	27
2.8.2 Minyak Goreng .....	27
2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus .....	28
2.9.1 Wortel .....	28
2.9.2 Kentang .....	29
2.9.3 Buncis .....	30
2.9.4 Kembang Kol .....	31
2.9.5 Tomat .....	32
2.9.6 Brokoli .....	33
2.10 Kontrol Proporsional Integral .....	34
2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional .....	34
2.10.2 Teorema Kontrol Integral .....	35
2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral .....	36
2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral .....	37
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM .....</b>	<b>39</b>
3.1 Diagram Blok Sistem .....	39
3.2 Perancangan Perangkat Keras .....	40
3.3 Perancangan Elektrik Kompor .....	45
3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino .....	47
3.3.2 Rangkaian Arduino Shield .....	47
3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompor .....	48
3.5 Perencanaan Software pada Sistem .....	50
3.5.1 Proses Pembacaan Termokopel .....	51
3.5.2 Proses Scanning Pushbutton .....	52
3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral .....	53
<b>BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM .....</b>	<b>55</b>
4.1 Pengujian Perangkat Keras .....	55
4.1.1 Pengujian Sensor Termokopel .....	55
4.1.2 Pengujian PCB Board .....	57
4.1.3 Pengujian Motor Servo .....	58
4.1.4 Pengujian Nyala Kompor .....	59
4.1.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor .....	60
4.1.6 Pengujian Kontrol Sistem .....	61
4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor .....	65
4.3 Pengujian Memasak .....	66
4.3.1 Pengujian Memasak Telur .....	66
4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan .....	73
4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar .....	77

4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop .....	82
4.4 Evaluasi Sistem .....	85
BAB V PENUTUP .....	87
5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN .....	91
BIODATA PENULIS.....	111



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tabel referensi termokopel tipe K.....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel perbandingan metode .....	12
<b>Tabel 2. 3</b> Tabel keterangan pin MAX6675.....	14
<b>Tabel 2. 4</b> Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan) .....	15
<b>Tabel 2. 5</b> Spesifikasi Arduino Uno .....	18
<b>Tabel 2. 6</b> Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan) .....	19
<b>Tabel 2. 7</b> Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols .....	37
<b>Tabel 4. 1</b> Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk.....	60
<b>Tabel 4. 2</b> Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik.....	61
<b>Tabel 4. 3</b> Tabel pengujian telur .....	67
<b>Tabel 4. 4</b> Tabel pengujian scallop ikan.....	74
<b>Tabel 4. 5</b> Tabel pengujian roti bakar .....	77
<b>Tabel 4. 6</b> Tabel pengujian sayur sop.....	83



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Diagram blok perangkat keras.....	3
<b>Gambar 2. 1</b>	Prinsip kerja termokopel 1 .....	6
<b>Gambar 2. 2</b>	Prinsip kerja termokopel 2 .....	6
<b>Gambar 2. 3</b>	Tampilan termokopel tipe K.....	9
<b>Gambar 2. 4</b>	Konfigurasi pin MAX6675 .....	10
<b>Gambar 2. 5</b>	Modul MAX6675 .....	13
<b>Gambar 2. 6</b>	Pin konfigurasi MAX6675 .....	14
<b>Gambar 2. 7</b>	Aplikasi rangkaian MAX6675 .....	15
<b>Gambar 2. 8</b>	Karakteristik MAX6675 1 .....	16
<b>Gambar 2. 9</b>	Rangkaian MAX6675.....	17
<b>Gambar 2. 10</b>	Arduino Uno R3 .....	18
<b>Gambar 2. 11</b>	Motor servo .....	19
<b>Gambar 2. 12</b>	Metode pembangkitan motor servo 1 .....	20
<b>Gambar 2. 13</b>	Metode pembangkitan motor servo .....	21
<b>Gambar 2. 14</b>	Servo Towerpro MG996R.....	22
<b>Gambar 2. 15</b>	LCD <i>display</i> 20x4 .....	22
<b>Gambar 2. 16</b>	Kompore portable Winn gas .....	23
<b>Gambar 2. 17</b>	Tabung kaleng Winn gas .....	24
<b>Gambar 2. 18</b>	Pemantik tumbuk.....	25
<b>Gambar 2. 19</b>	Pemantik listrik kompor Winn gas .....	25
<b>Gambar 2. 20</b>	Pemantik api tumbuk eksternal .....	25
<b>Gambar 2. 21</b>	Pemantik api listrik eksternal .....	26
<b>Gambar 2. 22</b>	Rangkaian pemantik api listrik .....	26
<b>Gambar 2. 23</b>	Diagram blok kontroler proporsional .....	35
<b>Gambar 2. 24</b>	Diagram blok kontroler integral .....	36
<b>Gambar 2. 25</b>	Diagram blok kontroler proporsional integral .....	36
<b>Gambar 2. 26</b>	Metode Tuning Ziegler-Nichols .....	37
<b>Gambar 2. 27</b>	Reaksi sistem open loop ketika diberi input step....	37
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram blok sistem.....	39
<b>Gambar 3. 2</b>	Penempatan termokopel pada panci teflon .....	41
<b>Gambar 3. 3</b>	Instalasi servo pada katup kompor .....	41
<b>Gambar 3. 4</b>	Instalasi pemantik kompor .....	42
<b>Gambar 3. 5</b>	Rangkaian <i>limit switch</i> terbuka .....	43
<b>Gambar 3. 6</b>	Rangkaian <i>limit switch</i> tertutup .....	43
<b>Gambar 3. 7</b>	Instalasi <i>burner</i> pada tungku kompor.....	43
<b>Gambar 3. 8</b>	Kotak rangkaian pemantik listrik .....	44
<b>Gambar 3. 9</b>	PCB pemantik dan baterai .....	45

<b>Gambar 3. 10</b>	Desain pemantik modifikasi .....	45
<b>Gambar 3. 11</b>	Rangkaian catu daya 5 VDC .....	46
<b>Gambar 3. 12</b>	Rangkaian Mikrokontroller Arduino .....	47
<b>Gambar 3. 13</b>	Rangkaian Arduino Shield .....	48
<b>Gambar 3. 14</b>	Tampilan <i>PCB</i> rangkaian elektronik .....	48
<b>Gambar 3. 15</b>	Pengunci gas tabung .....	49
<b>Gambar 3. 16</b>	Rangkaian pengaman sistem .....	50
<b>Gambar 3. 17</b>	Tampilan <i>software</i> Arduino.....	51
<b>Gambar 3. 18</b>	<i>Flowchart</i> pembacaan suhu.....	52
<b>Gambar 3. 19</b>	<i>Flowchart scanning pushbutton</i> .....	53
<b>Gambar 3. 20</b>	<i>Flowchart</i> kontrol proporsional.....	54
<b>Gambar 3. 21</b>	Kontrol Proporsional Integral pada pada plant .....	54
<b>Gambar 4. 1</b>	Termometer digital merek "apuhua 1300" .....	55
<b>Gambar 4. 2</b>	Metode kalibrasi suhu .....	56
<b>Gambar 4. 3</b>	Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel.....	56
<b>Gambar 4. 4</b>	Tampilan utama <i>PCB board</i> .....	57
<b>Gambar 4. 5</b>	Uji nyala kompor memakai pemantik listrik .....	61
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik pengujian kontrol proporsional .....	62
<b>Gambar 4. 7</b>	Metode <i>Ziegler-Nichols</i> .....	62
<b>Gambar 4. 8</b>	Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler- Nichols .....	64
<b>Gambar 4. 9</b>	Pengujian kontrol proporsional metode <i>Ziegler- Nichols</i> .....	65
<b>Gambar 4. 10</b>	Grafik pengujian 1 memasak telur .....	67
<b>Gambar 4. 11</b>	Hasil pengujian 1 memasak telur .....	68
<b>Gambar 4. 12</b>	Grafik pengujian 2 masak telur .....	68
<b>Gambar 4. 13</b>	Hasil pengujian 2 memasak telur .....	69
<b>Gambar 4. 14</b>	Grafik pengujian 3 masak telur .....	69
<b>Gambar 4. 15</b>	Hasil pengujian 3 memasak telur .....	70
<b>Gambar 4. 16</b>	Grafik pengujian 4 memasak telur .....	70
<b>Gambar 4. 17</b>	Hasil pengujian 4 memasak telur .....	71
<b>Gambar 4. 18</b>	Grafik pengujian 5 masak telur .....	71
<b>Gambar 4. 19</b>	Hasil pengujian 5 memasak telur .....	72
<b>Gambar 4. 20</b>	Grafik pengujian 5 memasak telur .....	72
<b>Gambar 4. 21</b>	Hasil pengujian 6 memasak telur .....	73
<b>Gambar 4. 22</b>	Grafik pengujian 1 scallop ikan.....	74
<b>Gambar 4. 23</b>	hasil pengujian 1 scallop ikan.....	75
<b>Gambar 4. 24</b>	Grafik pengujian 2 scallop ikan.....	75
<b>Gambar 4. 25</b>	Hasil pengujian 2 scallop ikan.....	76

<b>Gambar 4. 26</b>	Grafik pengujian 3 scallop ikan.....	76
<b>Gambar 4. 27</b>	Hasil pengujian 3 scallop ikan.....	77
<b>Gambar 4. 28</b>	Grafik pengujian 1 roti bakar .....	78
<b>Gambar 4. 29</b>	Hasil pengujian 1 roti bakar .....	79
<b>Gambar 4. 30</b>	Grafik pengujian 2 roti bakar .....	79
<b>Gambar 4. 31</b>	Hasil pengujian 2 roti bakar .....	80
<b>Gambar 4. 32</b>	Grafik pengujian 3 roti bakar .....	80
<b>Gambar 4. 33</b>	Hasil pengujian 3 roti bakar .....	81
<b>Gambar 4. 34</b>	Grafik pengujian 4 roti bakar .....	81
<b>Gambar 4. 35</b>	Hasil pengujian 4 roti bakar .....	82
<b>Gambar 4. 36</b>	Grafik Pengujian 1 Sayur Sop .....	83
<b>Gambar 4. 37</b>	Hasil Pengujian 1 Sayur Sop .....	83
<b>Gambar 4. 38</b>	Grafik pengujian 2 sayur sop.....	84
<b>Gambar 4. 39</b>	Hasil pengujian 2 sayur sop.....	84



## BIODATA PENULIS



**Imam Fitriatno**, lahir di Pati 12 April 1992. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Masyitoh, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN 01 Cebolak Kidul, setelah lulus SD tahun 2004 penulis melanjutkan ke MTS Raudlatul Ulum Guyangan, lulus SMP pada tahun 2008, penulis kemudian melanjutkan ke MA Raudlatul Ulum Guyangan. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi jenjang S1 program reguler di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan

Teknik Elektro bidang studi Teknik Elektronika. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email: [fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id](mailto:fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id).



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Beberapa kesalahan yang sering terjadi pada orang yang belajar memasak diantaranya adalah tidak membaca resep, membaca resep di awal memasak sangat penting agar pemasak tidak salah langkah dan mendapatkan hasil masakan yang diinginkan. Kesalahan yang kedua adalah tidak memanaskan panggangan atau panci, banyak pemula yang melewatkan langkah ini, langkah ini sangat penting untuk mendapatkan masakan dengan tingkat kematangan yang pas, dilain itu ketika memanaskan panci harus dengan sedikit minyak atau margarin agar tidak lengket, memanaskannya pun tidak boleh terlalu lama. Kesalahan yang ketiga adalah pemasak terus mengaduk masakan, pemula biasanya sangat gemar mengaduk-aduk masakan, bahkan berulang kali membolak-balik makanan yang sedang digoreng, padahal merupakan tindakan yang tidak perlu dan untuk menjaga terktur masakan diperlukan mengaduk masakan secukupnya saja. Kesalahan yang keempat adalah tidak mencicipi hasil masakannya, tentu saja pemasak tidak akan tahu apakah masakannya berhasil atau tidak apabila dia tidak mencicipi masakannya. Kesalahan lain yang biasanya dilakukan pemula adalah salah memilih peralatan memasak, memakai sayuran yang tidak segar, tidak menambahkan garam, mencampurkan segala komposisi dalam sekali langkah, pengaturan besar nyala api yang terlalu besar atau terlalu kecil, dan masih banyak lagi beberapa kesalahan pemula yang membuat masakannya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Maka dari itu dibutuhkan alat bantu yang bisa memandu pemula maupun profesional agar mereka tidak perlu bingung lagi dengan ukuran api kompor, khawatir masakan gosong, dan lupa resepnya. Kompor dengan fitur sensor termokopel, suhu dapat diketahui secara *real time* melalui mikrokontroller Arduino, dan juga dapat mengatur nyala api secara otomatis melalui pergerakan servo. Adanya fitur LCD *display* membuat pemasak dapat melihat suhu panci, waktu memasak, dan resep-resep makanan yang sudah disediakan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengambil data suhu panci?
2. Bagaimana mengatur besar api dengan servo?
3. Bagaimana sistem kendali pada mikrokontroller Arduino?
4. Bagaimana fungsi dari *LCD display*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah kompor yang dapat mengontrol suhu panci secara otomatis, memandu pemasak dalam memasak melalui *LCD display*, dan *buzzer* sebagai alarm peringatan bagi pemasak. Sistem kompor dapat diwujudkan menggunakan mikrokontroller Arduino Uno sebagai sistem kontrolnya, sensor suhu menggunakan termokopel, servo sebagai pengatur nyala api, dan *LCD display* sebagai tampilan suhu, *database* resep dan pemandu pengguna. Manfaat dari tugas akhir ini adalah memandu pemasak agar dapat memasak makanan dengan nyaman dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Uno R3.
2. Sensor suhu yang digunakan adalah termokopel baut tipe K.
3. Pergerakan katup kompor menggunakan servo MG996R.
4. Tampilan display menggunakan *LCD display* 20x4.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

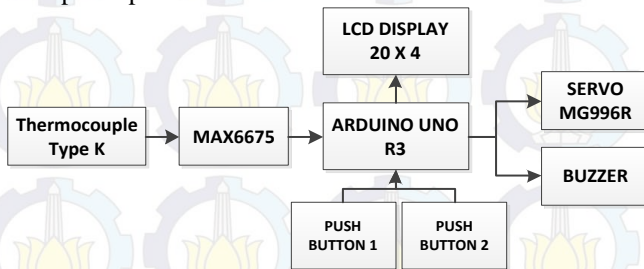
1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan sistem

Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

- a. Perancangan Perangkat Keras  
Dirancang sebuah perangkat keras berupa kompor gas portable dimana Arduino Uno sebagai controller utama yang terhubung dengan termokopel yang ditempelkan pada panci, *servo* yang terpasang pada katup kompor, *LCD display*, *buzzer*, dan led indicator yang terhubung satu *pcb* dengan shield Arduino Uno R3. *Servo* diletakkan sedemikian rupa sehingga derajat kerja *servo* dapat mengakses semua derajat katup kompor.



**Gambar 1. 1** Diagram blok perangkat keras

- b. Perancangan Elektrik Kompor  
Pada perancangan elektrik kompor meliputi perancangan rangkaian termokopel, rangkaian mikrokontroler Arduino, rangkaian Arduino *shield*. Setelah masing-masing komponen berfungsi kemudian rangkaian dihubungkan menjadi satu dimana Arduino sebagai pusatnya.
- c. Perancangan Sistem Keamanan Kompor  
Sistem keamanan dibuat agar alat lebih aman digunakan baik bagi pembuat alat maupun orang lain yang akan menggunakan alat.
- d. Perencanaan *Software* pada Sistem  
Perencanaan *software* dibuat dengan membuat *flowchart* masing-masing fungsi program, kemudian mengujinya satu persatu.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:



## **Bab 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

## **Bab 2 : DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor suhu termokopel, kontrol servo, kontrol proporsional integral, dan pemantik listrik kompor gas, dan *LCD display* 20x4.

## **Bab 3: PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan perangkat lunak, perangkat keras, sistem mekanik, sistem elektrik, dan cara kerja sistem melalui tampilan *LCD display*. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

## **Bab 4 : PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM**

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan dan pembahasan hasil pengujian.

## **Bab 5 : PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

### **1.7 Relevansi**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat panduan orang yang belajar memasak.
2. Memudahkan orang dalam memasak, karena tidak perlu lagi mengontrol besar nyala api sehingga bisa fokus pada langkah-langkah resep.

Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$ .

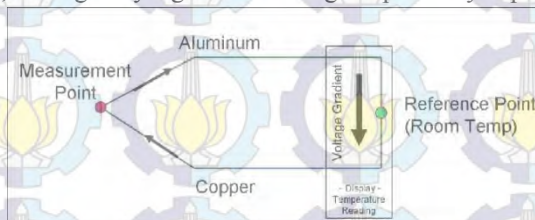
#### 2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia, Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik, gejala ini disebut termoelektrik atau efek *Seebeck*. Termokopel merupakan suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam ada perbedaan temperatur maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Konduktor akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur obyek. Perbedaan tegangan berkisar antara 1 sampai dengan 70 mikrovolt tiap derajat celcius.

Untuk membuat temperatur obyek dapat terukur, salah satu dari 2 konduktor dijaga suhunya dan digunakan sebagai temperatur referensi, biasanya temperatur disamakan dengan suhu ruangan, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan obyek pengukuran. Untuk memahami bagaimana sebuah sambungan logam pada termokopel dapat menimbulkan tegangan listrik dapat ditinjau dari sisi pergerakan atom-atom logam yang digunakan pada termokopel. Suatu logam apabila dipanaskan akan mengalami pemuaian, baik memuai panjang maupun memuai lebar (volume). Pemuaian ini

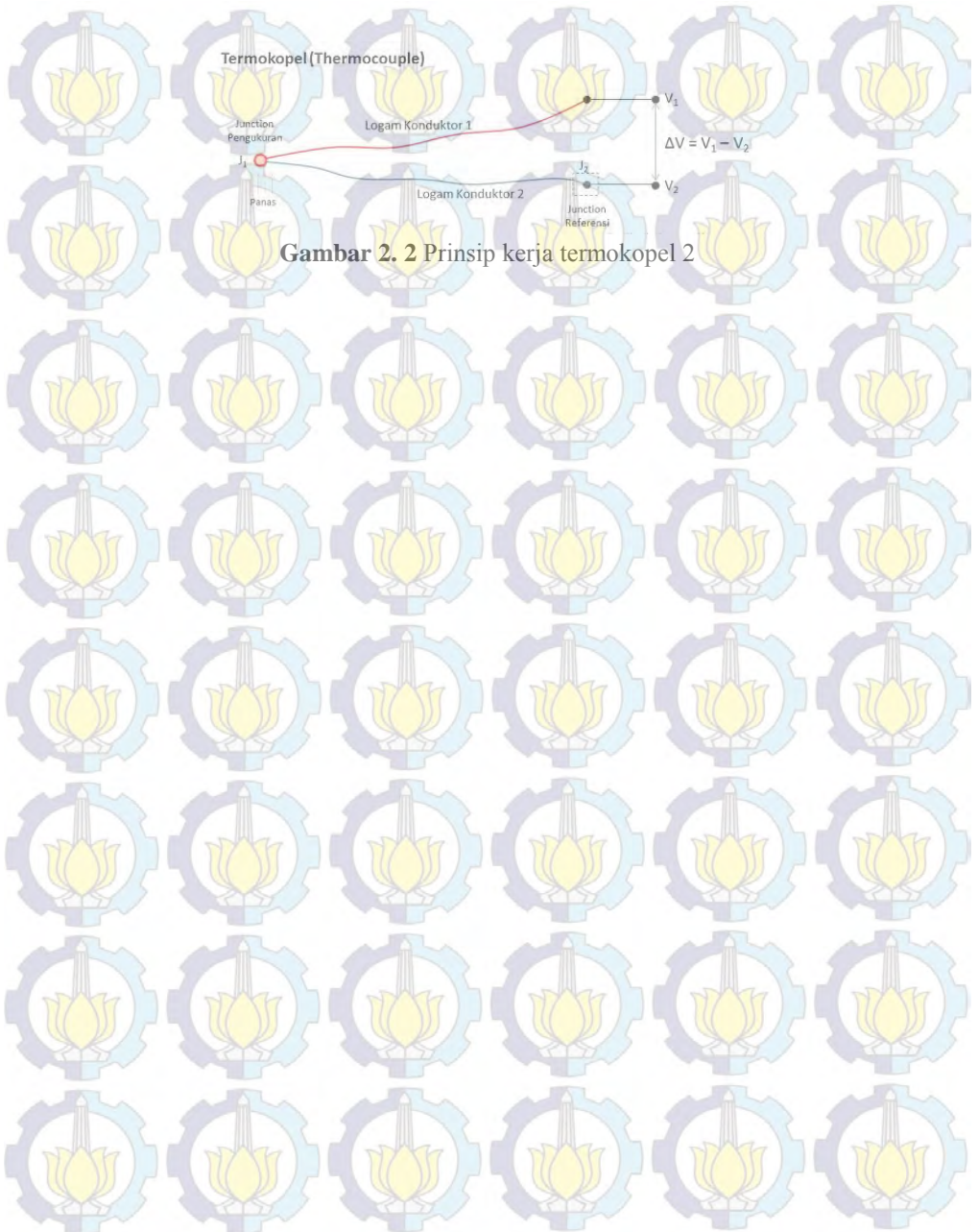
diakibatkan oleh pergerakan atom-atom atau elektron dari suhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah, pergerakan ini banyak sedikitnya atau cepat lambatnya tergantung pada bahan logam itu sendiri, artinya logam satu dengan satu dengan logam lainnya memiliki kecepatan muai yang berbeda-beda. Hal ini dapat diamati pada bimetal (dua keping logam yang disambungkan) ketika bimetal dipanaskan maka yang tadinya lurus akan membengkok ke arah logam yang pemuaianya lebih lambat. Jadi, pada logam termokopel yang berbeda jenis akan memiliki kecepatan alir elektron yang berbeda pula. Hal inilah yang kemudian menyebabkan perbedaan potential di ujung-ujung logam tersebut, dimana telah dihubungkan ke alat arus listrik sehingga timbul tegangan listrik di ujung-ujung logam tersebut. Termokopel banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah.

Termokopel merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu yang pada umumnya sebagai termometer digital, karena termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversianya dapat secara digital. Pada banyak aplikasi salah satu sambungan-sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedangkan yang lain dihubungkan pada obyek pengukuran.



**Gambar 2. 1** Prinsip kerja termokopel 1

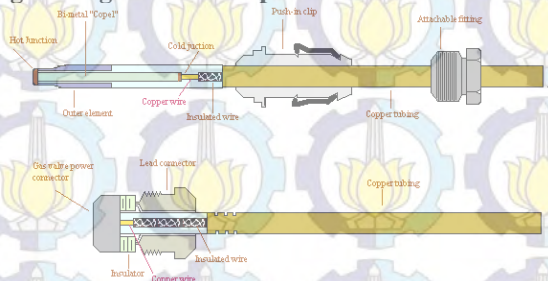




Gambar 2. 2 Prinsip kerja termokopel 2



### 2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel



**Gambar 2.3** Bagian-bagian termokopel

Adapun bagian-bagian utama termokopel terdiri dari *jack* yang menghubungkan antara termokopel dengan kabel termokopel dan *stick* yang terdiri dari dua buah logam sebagai variabel pendeteksi suhu.

### 2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu

Hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan yang dihasilkan termokopel bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi interpolasi polinomial. Secara matematis perubahan tegangan dapat ditunjukkan dengan rumus:

$$V = \alpha (T1 - Tref) \quad (2. 1)$$

Keterangan:

V = Tegangan terukur

$\alpha$  = Koefisien *seebeck*

T1 = Suhu terukur

Tref = Suhu referensi

Dimana koefisien *seebeck* didapatkan berdasarkan tipe dari termokopel.

### 2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor

yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional:

1. Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*)

Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif adalah *Nickel-Aluminium*. Termokopel tipe K paling sering digunakan karena lebih murah, tersedia untuk rentang suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*)

Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Tipe E memiliki output yang besar ( $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik. Tersedia untuk rentang suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

3. Tipe J (*Iron / Constantan*)

Bahan logam konduktor positif besi, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Rentangnya terbatas ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) membuatnya jarang dipakai dibandingkan tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar  $\sim 52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

4. Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*)

Bahan logam konduktor positif *Nicrosil*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Nisil*. Termokopel tipe N memiliki sifat yang stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Tersedia untuk rentang suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sensitivitasnya sekitar  $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  pada  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

5. Tipe B (*Platinum-Rhodium / Pt-Rh*)

Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitivitasnya rendah (sekitar  $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ( $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Termokopel tipe B cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tipe B memberi output yang sama pada suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$  sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

6. Tipe R (*Platinum / Platinum dengan 7% Rhodium*)



Termokopel tipe R cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1600^{\circ}\text{C}$ , sensitivitas rendah ( $10\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

7. Tipe S (*Platinum / Platinum* dengan 10% *Rhodium*)

Termokopel tipe S cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1600^{\circ}\text{C}$ , sensitivitas rendah ( $10\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas ( $1064.43^{\circ}\text{C}$ ).

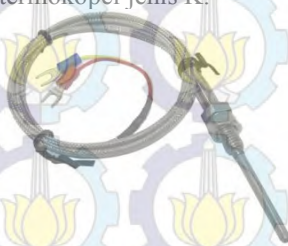
8. Tipe T (*Copper / Constantan*)

Termokopel tipe T cocok untuk pengukuran antara  $-200$  to  $350^{\circ}\text{C}$ . Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari *Constantan*. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitivitas  $\sim 43\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

9. Tipe U (kompensasi tipe S dan tipe R)

Bahan logam konduktor positif *Copper* (tembaga), sedangkan bahan logam konduktor negatif *Copper-Nickel*. Tersedia untuk rentang suhu  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1450^{\circ}\text{C}$  [1].

Sedangkan pada tugas akhir kali ini termokopel yang digunakan adalah termokopel jenis K.



**Gambar 2. 3** Tampilan termokopel tipe K

### 2.1.5 Penggunaan Termokopel

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga  $2300^{\circ}\text{C}$ . Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu  $0$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dengan keakuratan  $0.1^{\circ}\text{C}$ , untuk rentang suhu tersebut Termistor dan RTD lebih cocok. Adapun contoh penggunaan termokopel yang



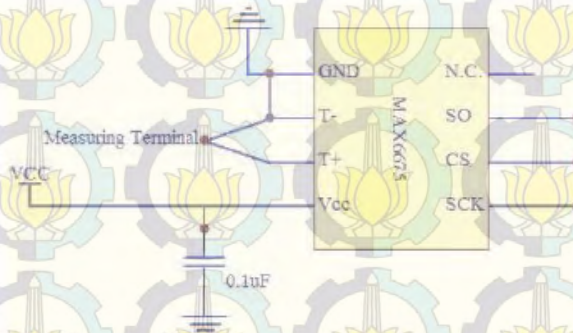
sering dipakai adalah pada industri besi dan baja, pengaman pada alat-alat pemanas, *termopile* sensor radiasi, dan pembangkit listrik tenaga panas radioisotop yang merupakan salah satu aplikasi isotop.

### 2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel

Kelebihan dan termokopel adalah rentang suhu yang diukur, jadi termokopel mampu mengukur suhu yang sangat tinggi yakni 1800 °C dan juga suhu sangat rendah 200 °C. Namun kelemahannya termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer karena termokopel tidak dapat dikalibrasi, sehingga ketika termokopel dinyalakan langsung membaca suhu ruangan.

### 2.2 Modul MAX6675

MAX6675 merupakan rangkaian kompensasi termokopel dan juga berfungsi mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Data output dalam resolusi 12 bit, Serial Pin Input (SPI *compatible*), dengan format data *read-only*. Kompensator ini memiliki ketelitian suhu mencapai 0,25 °C dan dapat membaca suhu mencapai 1024 °C, dan menunjukkan akurasi termokopel dari 8 LSBs (*Least significant bit*) untuk suhu mulai 0 °C hingga 700 °C.



**Gambar 2. 4** Konfigurasi pin MAX6675 [2]

Seperti pada gambar 2.4 kompensator MAX6675 menerima sinyal analog dari termokopel tipe K dan mengkonversi ke sinyal digital yang kemudian diproses didalam mikrokontroller. Termokopel tipe K

nanti membaca suhu mulai dari 0 °C hingga 1023.75 °C. Sedangkan data output dari MAX6675 adalah 12 bit, jadi nominal terkecilnya adalah 0 yang merupakan representasi dari 0 °C dan nilai digital terbesarnya adalah 4095 yang merupakan representasi dari 1023.75 °C. Jadi persamaan hubungan antara nilai digital dengan temperatur adalah:

$$\text{Temperatur} = 1023.75 \times \frac{\text{nilai digital}}{4095} \quad (2.2)$$

Seiring dengan meningkatnya suhu variasi perubahan tegangannya adalah tidak linier. Dengan menerapkan metode rumus 2.2 variasi perubahan tegangan yang tidak linier dapat dihindari terutama ketika sudah mencapai zona suhu tinggi. Ada juga metode lain berfungsi untuk mengoptimalkan pengolahan data dan memperoleh presisi tinggi, metode ini disebut tabel *Lookup*. Tegangan dari termokopel tipe K yang diperoleh dari nilai digital MAX6675 sesuai dengan hubungan yang disamakan ( $10.25 \mu\text{V/LSB}$ ) dapat ditentukan dalam interval suhu-tegangan secara pasti berdasarkan tabel referensi termokopel (tabel suhu-tegangan). Berdasarkan analisa data rata-rata sistem dapat memberikan nilai presisi yang cukup tinggi. Adapun tabel referensi termokopel tipe K adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 1** Tabel referensi termokopel tipe K [3]  
Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509



Berdasarkan tabel 2.1 prosedur dari metode kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai\_tegangan = Nilai\_digital/0.01025 mV/LSB
2. Nilai\_tegangan  $\in$  (Nilai\_tegangan<sub>i</sub>, Nilai\_tegangan<sub>j</sub>), dengan interval temperatur,

$$T \in (T_i, T_j), T_j = T_i + 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.3)$$

Nilai\_digital<sub>ij</sub> = Nilai\_tegangan<sub>j</sub> – Nilai\_tegangan<sub>i</sub>,

Dalam interval perubahan temperatur ini, rasio perubahan tegangan per 0.1 °C adalah

$$R = \text{Nilai\_digital}_{ij} / 10; \quad (2.4)$$

Menentukan zona suhu:

$$T = T_i + (\text{Nilai\_tegangan} - \text{Nilai\_tegangan}_i) / R \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

Keterangan:

T = suhu aktual yang beluk diketahui (°C)

Nilai\_tegangan = tegangan dari suhu aktual (μV)

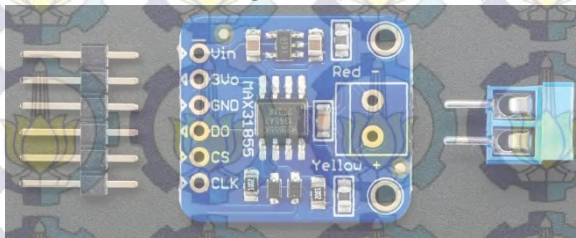
Sesuai dengan analisa rumus, adapun tiga lapisan perbandingan suhu antara antara rumus dengan tabel *Look-up* adalah:



**Tabel 2. 2** Tabel perbandingan metode [2]

Zone	Digital_value	Formula Temperature (°C)	Look-Up Table Temperature (°C)	Proportional error
Low	80	20	20.6	3%
	120	30	30.7	2.3%
	160	40	40.7	1.75%
	320	80	80.4	0.5%
Medium	800	200	201.6	0.8%
	960	240	242.3	1.15%
	1120	280	282.4	0.86%
	1200	300	302.2	0.73%
high	2700	675	665.5	1.41%
	2720	680	670.3	1.43%
	2760	690	680.0	1.45%
	2800	700	689.8	1.46%

Dengan cara mengetahui voltase eror proporsional, hal itu menunjukkan bahwa semakin tinggi atau rendahnya suatu suhu menunjukkan semakin besar perbedaan eror proporsional terjadi. Pada zona suhu rendah eror proporsional mencapai 3% sedangkan pada zona suhu tinggi hanya mencapai 1.4%. Rentang akurasi termokopel dari 8 LSB adalah 0 °C hingga 700 °C. MAX6675 juga tersedia dalam bentuk kecil, 8 pin SO (*small outline*) IC.



**Gambar 2. 5** Modul MAX6675  
(<http://www.adafruit.com/product/269>)

Aplikasi dari MAX6675 diantaranya adalah pada peralatan industri, peralatan rumah tangga, dan teknologi pendinginan dalam ruangan HVAC (*heating, ventilating, dan air conditioining*). Secara fitur-fitur dari MAX6675 adalah dapat mengkonversi digital secara langsung

dari output termokopel tipe K, kompensasi *cold junction, compatible serial interface*, data 12 bit dengan resolusi 0.25 °C, deteksi termokopel yang terbuka.

MAX6675 mengkonversi sinyal termokopel ke dalam bentuk voltase yang kompatibel dengan saluran inputan ADC. Pin input T+ dan T- dihubungkan dengan rangkaian internal untuk mengurangi gangguan dari kabel termokopel. Sebelum mengkonversi tegangan termokopel ke dalam persamaan nilai suhu, MAX6675 butuh untuk mengkompensasi perbedaan antara *cold-junction* dan referensi virtual 0 °C. Untuk termokopel tipe K perubahan tegangannya adalah 41µV/°C, dimana untuk mendekati karakteristik termokopel menggunakan persamaan rumus:

$$V_{out} = (41\mu V/^{\circ}C)5(T_R - T_{AMB}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$V_{out}$  : tegangan output termokopel (µV)

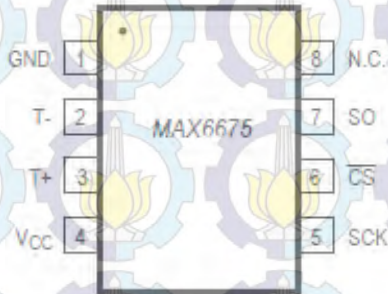
$T_R$  : suhu dari *junction* termokopel

$T_{AMB}$  : suhu terukur

Akurasi dari modul MAX6675 rentan terhadap *noise* sumber tegangan, maka dari itu untuk mengurangi pengaruh *noise* sumber tegangan dikasih kapasitor keramik 0.1µF yang dekat dengan pin sumber tegangan. Dalam beberapa aplikasi pemanasan komponen MAX6675 sendiri mempengaruhi akurasi pengukuran suhu, besarnya kesalahan bergantung terhadap konduktivitas suhu dari MAX6675, dan efek udara dari luar juga pengaruh. Sedangkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu digunakan bidang *ground* yang besar atau luas. Sedangkan untuk mengurangi *Pick-Up noise* memakai penguat input berupa *low-noise amplifier* yang didesain untuk mendapatkan akurasi penginderaan input yang tinggi [4].

### 2.2.1 Konfigurasi MAX6675





**Gambar 2. 6** Pin konfigurasi MAX6675 [4]

Keterangan Pin:

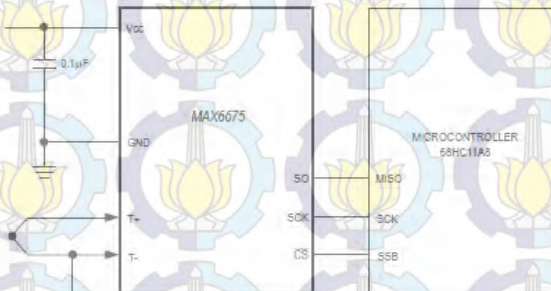
**Tabel 2. 3** Tabel keterangan pin MAX6675

PIN	NAMA	FUNGSI
1	GND	Ground
2	T-	Alumel timbal termokopel tipe K, harus dihubungkan ke ground eksternal.
3	T+	Chromel timbal termokopel tipe K.



**Tabel 2. 4** Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)

4	V <sub>cc</sub>	Sumber tegangan positif, <i>bypass</i> dengan 0.1 $\mu$ F, kapasitor, dan GND.
5	SCK	<i>Serial Clock Input</i>
6	CS	<i>Chip select</i> , atur CS aktif low untuk mengaktifkan <i>serial interface</i> .
7	SO	<i>Serial data output</i>
8	N.C.	<i>No connection</i>

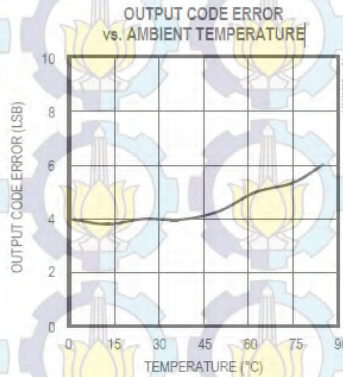


**Gambar 2. 7** Aplikasi rangkaian MAX6675 [4]

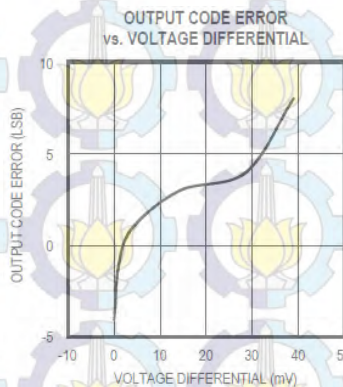
Modul MAX6675 memiliki dua pin input yakni T+ dan T- yang dihubungkan dengan ujung-ujung termokopel, dan 5 pin output yang mengeluarkan data digital pada mikrokontroler.

### 2.2.2 Karakteristik MAX6675

Adapun karakteristik modul MAX6675 adalah dimulai dari sumber tegangan, rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +6V. Sedangkan pin SO, SCK, CS, T-, T+ rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +0.3V, dan input arus pin SO adalah 50 mA. Dan karakteristik hubungan suhu dan perbedaan tegangan dengan error output adalah:

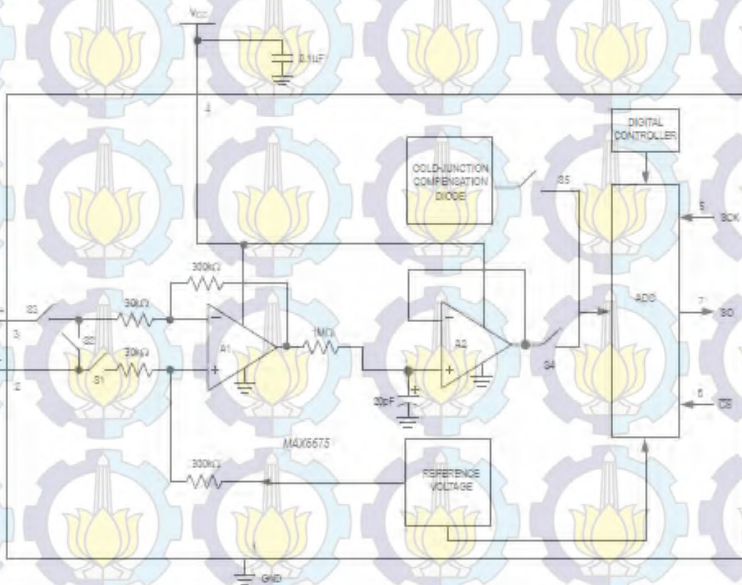


**Gambar 2. 8** Karakteristik MAX6675 1 [4]



**Gambar 2.8** Karakteristik MAX6675 2 [4]

MAX6675 adalah sebuah modul kompensator termokopel tipe K yang didalamnya berupa rangkaian, adapun rangkaian modul MAX6675 adalah:

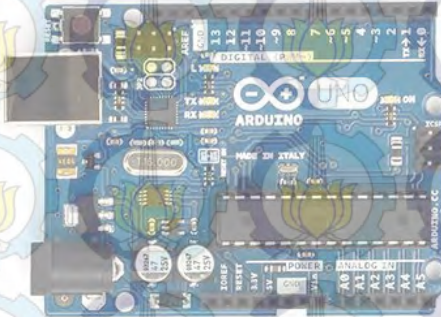


**Gambar 2. 9** Rangkaian MAX6675 [4]

### 2.3 Arduino Uno R3

Arduino UNO adalah sebuah *miniboard* berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin input analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin output analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang digunakan untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan menggunakan *port* USB komputer, USB *charger*, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang direkomendasikan 9 Volt [5].



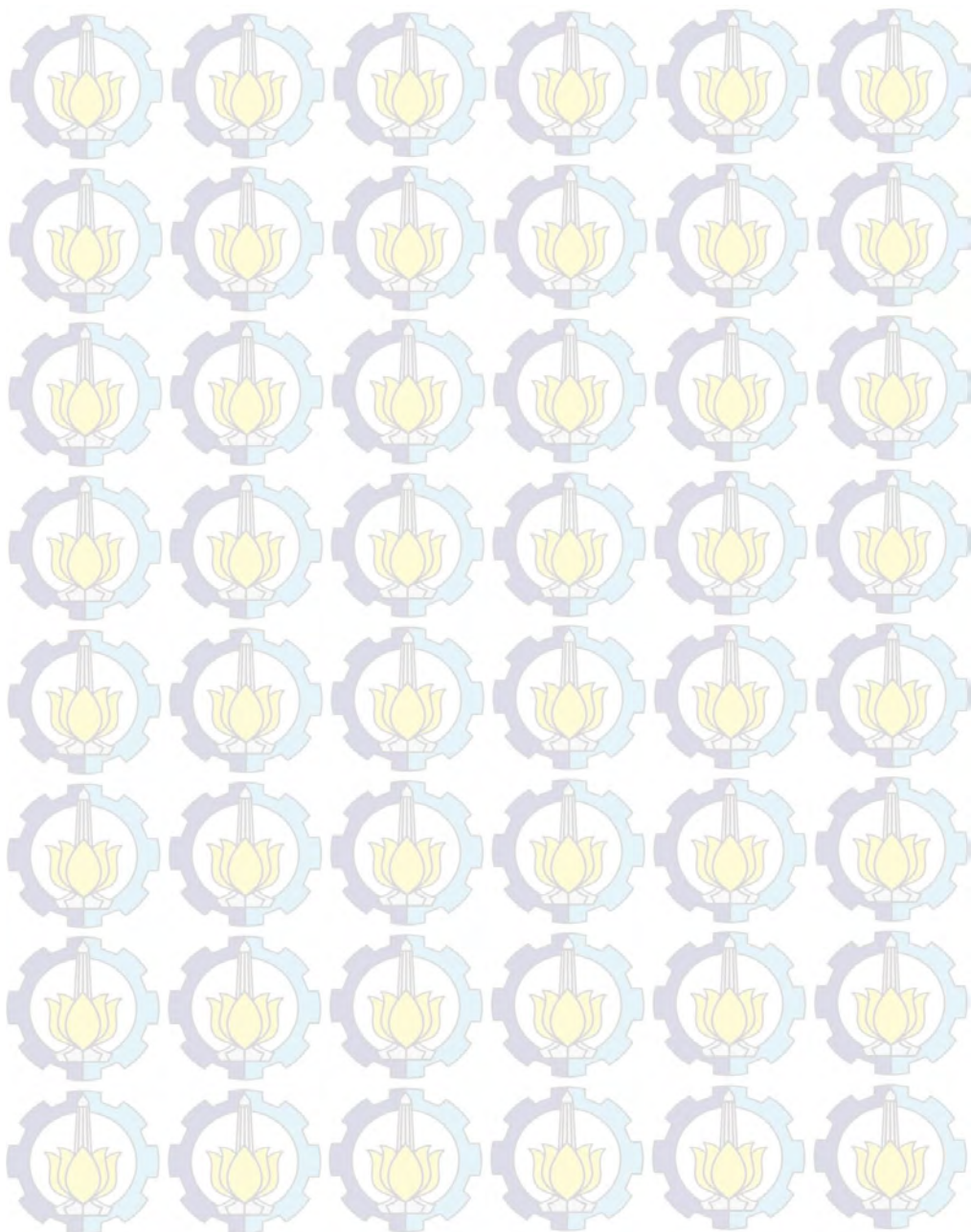


**Gambar 2. 10** Arduino Uno R3  
([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Ada banyak sekali jenis-jenis Arduino seperti Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, NG Rev. C, Nuova Generazione, USB, Arduino Serial, Mega, FIO, Lilypad, BT, Nano, dan Arduino Mini. Setiap jenis Arduino mempunyai fungsi dan aplikasi masing-masing, disini Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno R3 atau Arduino yang paling umum karena menggunakan perangkat komunikasi kabel USB yang kompatibel dengan laptop atau komputer. Adapun tabel spesifikasi mikrokontroller Arduino adalah:

**Tabel 2. 5** Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12V
<i>Input Voltage</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328)
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)



**Tabel 2. 6** Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)

EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

## 2.4 Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor tersebut. Penggunaan sistem kontrol rangkaian tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya posisi poros output akan disensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum maka kontrol akan mengirim sinyal kontrol untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.



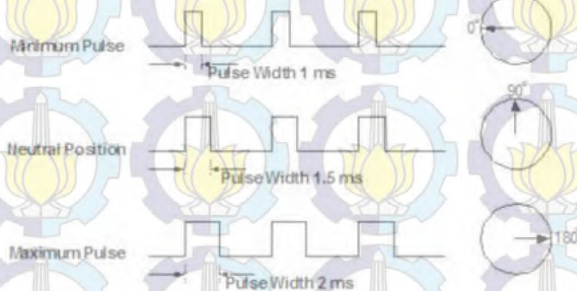
**Gambar 2. 11** Motor servo [6]

Terdapat 3 kabel yaitu *ground*, *Vcc*, dan *data*. Jenis motor servo adalah motor servo standar 180° dan motor servo *continuous*. Motor servo standar 180° mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°. Motor servo *continuous* mampu



bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara berkelanjutan). Ada beberapa aplikasi dari motor servo misalnya sebagai manipulator, penggerak kamera, lengan robot, dan lain-lain.

Pengendalian gerakan motor servo dapat dilakukan dengan metode pengaturan  $T_{on}$ . Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor servo. Semakin kecil  $T_{on}$ , maka semakin ke kiri posisi sudut. Semakin besar  $T_{on}$  semakin ke kanan posisi sudut. Berikut sistem sinyal pada motor servo dijelaskan pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2. 12** Metode pembangkitan motor servo 1 [6]

Pada gambar 2.12 pergerakan motor servo ke kanan atau ke kiri tergantung dari  $T_{on}$  yang diberikan. Jika  $T_{on}$  yang diberikan antara  $500 \mu s$  sampai  $600 \mu s$  sudut yang terbentuk antara  $0$  sampai  $10^\circ$ . Jika diberikan  $T_{on}$  antara  $1400 \mu s$  sampai dengan  $1600 \mu s$  sudut yang terbentuk antara  $90^\circ$ . Jika diberikan  $T_{on} > 2000$  sudut yang terbentuk  $> 120^\circ$ . Salah satu perbedaan utama antara motor servo dan motor *stepper* adalah bahwa motor servo dijalankan dengan menggunakan kontrol sehingga ketika servo bergerak, servo akan mengenali keadaan sebelumnya dan sekarang. Beda hal untuk motor *stepper*, motor ini tidak ada sensor posisi untuk bergerak.

Beberapa kelebihan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

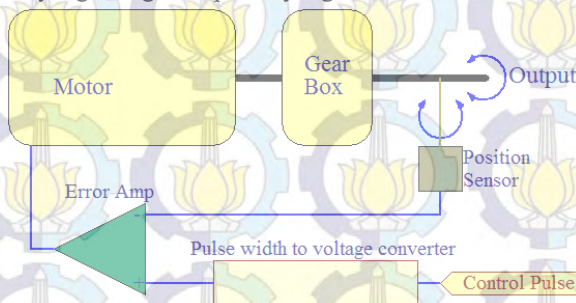
1. Torsi awal yang tinggi.

2. Torsi tinggi untuk *inertia ratio*.
3. Kecepatannya tinggi.
4. Bekerja baik untuk kontrol kecepatan.
5. Tersedia dalam banyak ukuran.
6. Tidak menimbulkan suara keras atau bising.

Sedangkan beberapa kekurangan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

1. Lebih mahal daripada motor *stepper*.
2. Tidak dapat bekerja dengan sistem *open loop*, dibutuhkan umpan balik.
3. Memerlukan penyesuaian parameter-parameter *control loop*.
4. Memerlukan pemeliharaan yang lebih karena adanya *brush* pada motor DC.

Motor servo terdiri dari beberapa bagian utama, yakni motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta rangkaian yang mengkode posisi yang diminta.



**Gambar 2. 13** Metode pembangkitan motor servo  
(<http://www.digitalnemesi.com/info/docs/rcservo>)

#### 2.4.1 Servo Towerpro MG996R

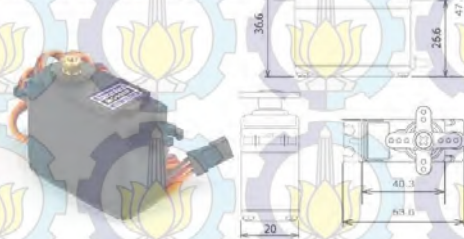
Servo tipe ini merupakan servo standar berkecepatan tinggi yang mampu berotasi kira-kira 120 derajat. Servo dapat diprogram menggunakan berbagai macam kode program, perangkat keras, maupun *library*. Arsitektur mekanik servo ini memakai dua piringan *gear* berbahan logam pada *gearbox*-nya. Memiliki berat 55 gram, dengan torsi 8.5 kg.cm pada catu daya 4,8 Volt, dan 10 kg.cm pada catu daya 6 Volt. Servo dapat beroperasi pada tegangan 4,5 – 7,2 Volt,



dan pada suhu  $0^{\circ} - 55^{\circ} \text{ C}$ . Spesifikasi kabelnya untuk data pwm berwarna orange, Vcc berwarna merah, dan kabel *ground* berwarna cokelat.

### MG996R

Metal Gear Dual Ball Bearing Digital Servo

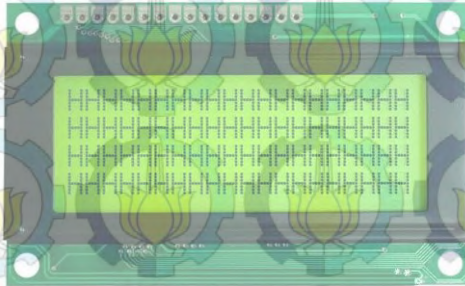


**Gambar 2. 14** Servo Towerpro MG996R  
([www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com))

## 2.5 LCD Display

LCD adalah kepanjangan dari *liquid crystal display*, adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah banyak digunakan di berbagai bidang misalnya dalam perangkat elektronik misal televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dan sekarang ini LCD mendominasi jenis tampilan untuk komputer maupun laptop karena membutuhkan daya listrik yang rendah, bentuknya yang tipis, mengeluarkan sedikit panas, dan memiliki resolusi tinggi. Namun pada tugas akhir ini LCD yang dipakai adalah LCD standar yang dipakai pada praktikum dasar rangkaian listrik, dan hanya mempunyai satu warna, dengan dimensi piksel 20x4. Adapun spesifikasi LCD ini mempunyai 5x8 dot/piksel, sumber tegangan +5 Volt, 1/16 *duty cycle*, dan ada LED *backlight*.





**Gambar 2. 15** LCD display 20x4  
(onvision.en.alibaba.com)

## **2.6 Kompor Portabel Winn Gass**

Kompor adalah alat masak yang menghasilkan panas tinggi. Bahan bakarnya bermacam-macam, ada yang memakai kayu bakar, minyak tanah, LPG, dan listrik. Sedangkan yang paling sering digunakan adalah bahan bakar LPG yang banyak dijumpai di masyarakat. Kompor yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kompor portabel dengan bahan bakar LPG dalam kaleng. Untuk tugas akhir kali ini kompor yang digunakan adalah kompor portabel Winn gas, merupakan kompor dengan model 1 tungku. Selain dapat menggunakan tabung gas *butane*, kompor ini juga bisa menggunakan tabung gas Pertamina ukuran 3 kg atau 12 kg. Pemantik apinya memakai pemantik api korek dengan menggunakan teknologi Jepang yang sudah diatur agar mengeluarkan api biru dan sudah teruji dapat diklik lebih dari 50.000 kali. Kompor ini juga ada fitur pengunci bahan bakar untuk mengamankan ketika kompor sedang tidak dipakai. *Burner cap* terbuat dari kuningan sehingga awet dan tahan lama. *Burner* terbuat dari *stainless steel*, trivet plat dilapisi *enamel* menjadikannya bebas karat.



**Gambar 2. 16** Kompor portable Winn gas



**Gambar 2. 17** Tabung kaleng Winn gas

## **2.7 Pemantik Kompor**

Ada tiga jenis sumber daya penyalan api pada kompor gas, yaitu pemantik tumbuk, batu baterai, dan aliran listrik. Kelebihan kompor gas dengan penyalan api yang bersumber dari pemantik tumbuk, jadi tidak membutuhkan sumber dari luar, dan jika ada kerusakan pemantik bisa langsung diganti yang baru. Sedangkan kelebihan pemantik kompor gas yang penyalan apinya bersumber dari batu baterai atau listrik tidak menimbulkan suara berisik saat kompor dinyalakan. Namun jika kumparannya mengalami kerusakan, sulit untuk mencari gantinya dan harganya yang cukup mahal.

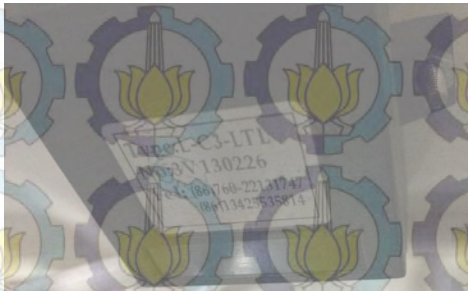
Perbedaan utama antara pemantik tumbuk dengan kumparan terletak pada cara menyalakan tungku kompor. Kompor yang menggunakan pemantik tumbuk menyala oleh sambaran api yang keluar dari pipa penyulut. Sedangkan kompor yang menggunakan kumparan langsung



menyala oleh loncatan listrik yang timbul dari jarum elektroda yang terletak dekat dengan tungku pembakar. Secara umum ada dua jenis kompor gas yang banyak dipakai masyarakat, yakni kompor gas meja dan kompor gas oven [7]. Sedangkan kompor yang dipakai pada tugas akhir ini adalah jenis kompor gas meja karena yang paling umum dan paling banyak digunakan. Adapun tampilan pemantik yang biasanya ditemui di pasaran adalah:



**Gambar 2. 18** Pemantik tumbuk [7]



**Gambar 2. 19** Pemantik listrik kompor Winn gas

Di lain sisi pemantik api juga ada yang tidak menyatu dengan kompor, yakni pemantik api serba guna. Jenisnya juga ada dua, yang menggunakan pemantik tumbuk dan menggunakan listrik.



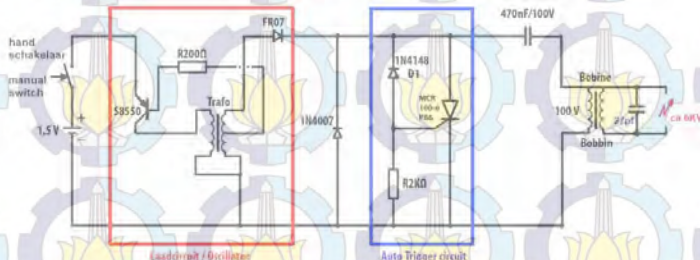


**Gambar 2. 20** Pemantik api tumbuk eksternal



**Gambar 2. 21** Pemantik api listrik eksternal  
(www.acehardware.com)

Untuk pemantik listrik yang menggunakan baterai memiliki rangkaian yang terdiri dari komponen elektronik, adapun rangkaiannya adalah:



**Gambar 2. 22** Rangkaian pemantik api listrik

Pada rangkaian gambar 2.22 tegangan input yang dibutuhkan adalah 1,5 Volt dengan tegangan output kurang lebih sebesar 6000 Volt.

## 2.8 Titik Didih Zat Cair

Pada umumnya orang memasak media yang digunakan untuk memasak adalah air atau minyak untuk mematangkan masakan. Apabila mau memasak memakai salah satu bahan tersebut tentu saja harus mengetahui karakteristik dari zat cair tersebut, yang paling sederhana adalah titik didih dari minyak maupun air.

### **2.8.1 Air**

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna, dan bau yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimiawi  $H_2O$ . karena air merupakan suatu larutan yang hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu larut di dalamnya [8]. Air memiliki sifat mencair, membeku, dan menguap, dalam kondisi memasak, biasanya yang dibutuhkan adalah kondisi mendidih, yakni mendidih pada suhu  $100^{\circ}C$  [9].

### **2.8.2 Minyak Goreng**

Minyak masakan atau minyak kelapa adalah minyak atau lemak yang berasal dari pemurnian bagian tumbuhan, hewan, atau dibuat secara sintetis yang dimurnikan dan biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak masakan umumnya berbentuk cair dalam suhu kamar. Minyak masakan kebanyakan diperoleh dari tumbuhan, seperti kelapa, seralia, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng biasanya digunakan hingga 3 sampai 4 kali penggorengan, jika digunakan berulang kali, minyak akan berubah warna.

Saat penggorengan dilakukan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh. Minyak yang baik adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Setelah penggorengan berkali-kali asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh. Dengan demikian minyak tersebut dapat dikatakan telah rusak atau dapat disebut minyak jelantah. Penggunaan minyak berkali-kali akan membuat ikatan rangkap minyak teroksidasi membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, minyak yang seperti ini dikatakan telah rusak dan berbahaya bagi kesehatan. Suhu yang semakin tinggi dan semakin lama pemanasan, kadar asam lemak jenuh akan semakin naik. Minyak nabati dengan kadar asam lemak jenuh yang tinggi akan mengakibatkan makanan yang digoreng menjadi berbahaya bagi kesehatan. Minyak goreng pada umumnya berasal dari minyak kelapa



sawit, minyak kelapa dapat digunakan untuk menggoreng karena struktur minyaknya yang memiliki ikatan rangkap sehingga minyaknya termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil. Selain itu pada minyak kelapa terdapat asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis oleh tubuh. Asam lemak tersebut adalah asam palmitat, stearat, oleat, dan linoleat [10].

Berbeda dengan air, minyak goreng tidak mempunyai titik didih melainkan mempunyai titik leleh, yakni 35 °C. Masa jenis minyak lebih ringan dari pada air, apabila dibandingkan dengan spesifikasi gravitasi minyak adalah 0,952 sedangkan air 1, maka dari itu apabila minyak dan air dicampurkan minyak selalu berada di atas [11].

## **2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus**

Beberapa masakan membutuhkan pengaturan khusus untuk membuatnya matang, parameter yang diatur biasanya besar-kecilnya nyala api, lama memasak yang berhubungan dengan kematangan masakan. Hal ini tentu saja jarang dikuasai oleh orang yang belajar memasak dikarenakan hal tersebut membutuhkan pengalaman memasak. Salah satu contoh masakan yang membutuhkan pengaturan khusus adalah memasak sayur. Dalam memasak sayur ada beberapa sayuran yang membutuhkan perlakuan khusus agar nantinya bisa matang sempurna. Adapun sayuran-sayuran yang sering dipakai sebagai bahan memasak dan membutuhkan pengaturan khusus adalah:

### **2.9.1 Wortel**

Wortel adalah sumber yang banyak mengandung karoten dan vitamin A. 100 g wortel segar mengandung sekitar 8285 mg beta karoten dan 16,706 IU vitamin A. Studi telah menemukan bahwa senyawa flavonoid dalam wortel membantu melindungi kulit, paru-paru, dan kanker rongga mulut. Wortel adalah sayuran dari umbi tanaman yang sudah lama menjadi bagian yang terpisahkan dari masakan. Walau warna oranye adalah warna wortel yang paling terkenal, warna wortel beragam dari ungu, putih dan kuning, juga beragam nuansa oranye.

Wortel memiliki kandungan vitamin A yang tinggi, walau proses memasak bisa merubah keberadaan vitamin ini. Berikut teknik memasak yang memastikan rasa manis alami wortel ditingkatkan.

- a. Bersihkan wortel, sebelum memasak wortel harus dibersihkan dengan disikat bukan dikupas.
- b. Memotong wortel dengan ukuran besar yang sama agar vitamin tidak banyak hilang dan matang merata.
- c. Untuk merebus wortel sebaiknya airnya dipanaskan dulu sampai mendidih setelah itu wortel baru dimasukkan.
- d. Masak hingga empuk tapi tidak sampai lunak, selama 10 sampai 15 menit.
- e. Membuat sup wortel dengan menambahkan 3,8 liter kaldu sayur atau ayam kemudian dididihkan di atas api kecil selama 30 menit [12].

### **2.9.2 Kentang**

Kentang adalah salah satu makanan sumber pati, vitamin, mineral dan serat. 100 gram kentang terdapat 70 kalori (namun hanya mengandung lemak yang sedikit, sekitar 0,1 gram per100 gram) dan kolesterol. Kentang adalah jenis sayuran yang sangat digemari karena serbaguna untuk memasak serta memiliki rasa dan tekstur yang lezat. Ada banyak cara untuk memasak kentang, persiapan yang matang akan memastikan rasa kentang terbaik.

- a. Merebus kentang dengan ukuran yang berbeda-beda membutuhkan waktu memasak yang berbeda-beda pula, misalnya untuk merebus kentang utuh membutuhkan waktu 40 menit, merebus kentang yang dibelah menjadi 2 sampai 4 bagian membutuhkan waktu 20 menit, merebus kentang dengan potongan dadu membutuhkan waktu 10 sampai 12 menit.
- b. Merebus kentang tanpa mengupasnya akan mempertahankan lebih banyak nutrisi daripada merebus kentang dengan mengupasnya.
- c. Rebus dengan sedikit air juga dapat mempertahankan nutrisi di dalam kentang.
- d. Sedangkan cara memasaknya adalah dengan mendidihkan air terlebih dahulu, kemudian kentang dimasukkan dan dikecilkan apinya.



- e. Air bekas merebus kentang dapat ditambahkan ke sup, kaldu, dan kaserol untuk meningkatkan kandungan gizi hidangan.
- f. Selain merebus, kentang juga dapat dimasak dengan mengukus, memanggang, dengan microwave, ditumbuk, semur, menggoreng, dan sebagainya. Cara memasak kentang yang berbeda-beda membutuhkan pengaturan yang berbeda-beda pula. Misalnya untuk mengukus kentang air harus direbus dulu selama 20 sampai 40 menit sampai uap dapat menembus kentang. Apabila mengukus atau memanggang dengan oven suhu oven diatur 200 °C kemudian ditunggu selama 1 jam. Begitu juga dengan variasi masakan lain yang memakai kentang [13].

### 2.9.3 Buncis

Buncis adalah bahan makanan nabati yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buncis mengandung energi sebesar 35 kilokalori, protein 2,4 gram, karbohidrat 7,7 gram, lemak 0,2 gram, kalsium 65 miligram, fosfor 44 miligram, dan zat besi 1 miligram. Selain itu di dalam Buncis juga terkandung vitamin A sebanyak 630 IU, vitamin B1 0,08 miligram dan vitamin C 19 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram buncis, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 90% [26]. Buncis adalah pelengkap hidangan bernutrisi yang tersedia sepanjang tahun. Sebelum memasak buncis, cucilah terlebih dulu dengan air bersih dan hilangkan ujung batangnya dengan pisau atau dipatahkan. Ada 3 cara dasar memasak buncis, yakni salad buncis, *casserole* buncis, dan buncis manis. Adapun cara memasak buncis adalah:

- a. Rebus air dengan api besar hingga mendidih, lalu masukkan buncis yang sudah dicuci dan dihilangkan ujungnya. Volume air cukup banyak hingga dapat merendam buncis.
- b. Ketika air sudah mendidih, kecilkan kompor, masukkan buncis biarkan buncis selama 4 menit hingga lunak. Kemudian buncis ditiriskan dan dapat dibumbui dengan garam dan lada.
- c. Metode lain dalam memasak buncis adalah dengan mengukus, mengukus buncis adalah cara terbaik dalam mempertahankan nilai nutrisi buncis. Sedangkan caranya adalah dengan mengisi panci dengan air setinggi 2,5 cm dan memasukkan wadah



pengukus ke dalam panci. Kemudian air dididihkan dalam panci dan ditutup rapat, jika sudah mendidih buncis dimasukkan ke dalam pengukus dengan mengecilkan api kompor. Setelah dikukus buncis dimasak selama 2 menit dan diperiksa kematangan buncis apakah sudah lunak atau belum.

d. Cara memasak buncis yang selanjutnya adalah membuat salad buncis, dengan menambahkan tomat, bawang bombai, dan keju feta, bahan diaduk yang dicampur dengan minyak zaitun, cuka, garam, dan lada. Salad buncis ini disajikan dalam keadaan dingin.

e. Apabila ingin membuat *casserole* buncis dibutuhkan 625 gram. Alat masak yang digunakan adalah oven diatur pada suhu 176 °C, *casserole* diolesi dengan mentega dicampur dengan tepung roti, keju parmesan, dan 1 sendok makan mentega di dalam mangkuk kecil. Kemudian untuk memasaknya bawang bombai dan adonan tadi ditumis kurang lebih selama 3 menit, kemudian ditambahkan jamur dan dimasak lagi hingga lunak selama 4 menit. Setelah jadi, adonan ditambah kaldu ayam yang dididihkan dalam api besar, dicampur dengan tepung maizena dan 60 ml air, kemudian ditunggu sampai kaldu mengental. Setelah masakan jadi semua bahan dituang ke dalam piringan *casserole* dan dimasukkan ke dalam oven.

f. Metode lain dalam memasak buncis adalah buncis manis. Caranya adalah dengan merebus air selama 15 menit, airnya dibuang dan buncis ditaburi dengan sedikit gula atau air gula dan diaduk rata.

Salah satu cara untuk menjaga buncis tetap hijau cerah adalah ketika buncis sudah matang, buncis direndam dan disaring di dalam air es untuk menghentikan proses pematangan, hal ini juga dapat membantu menjaga nutrisi yang terkandung pada buncis [14]. Dan masih banyak cara lagi untuk memasak saur buncis.

#### **2.9.4 Kembang Kol**

Kembang kol atau bunga kol memiliki manfaat bagi kesehatan seperti, gangguan pencernaan, mencegah efek radiasi ultraviolet, diabetes, radang usus, degenerasi makula, obesitas dan hipertensi. Zat bersifat Antioksidan pada bunga kol membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh dan membantu mengurangi resiko *stroke*, kanker dan penyakit neurodegenerative. Kembang kol juga berguna untuk

menjaga kesehatan tulang, otak, keseimbangan elektrolit, menjaga kadar kolesterol, dan mencegah gangguan terhadap kardiovaskular. Kembang kol adalah sayuran keluarga kol dengan kuntum berwarna putih, ungu, hijau atau oranye dan berkepal besar. Rasanya ringan dan dapat digunakan sebagai pengganti brokoli atau kentang. Kembang kol segar cocok untuk dikukus, direbus, dilumat, dipanggang atau ditumis. Adapun untuk memilih bunga kol semakin cerah semakin baik, dan beberapa cara memasak kembang kol adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengukus kembang kol, perlu dididihkan sedikit air kemudian kembang kol dimasukkan selama 5 sampai 10 menit, atau bagian kuntum bunga kol dapat dikukus selama 15 menit.
- b. Untuk membuat kembang kol menjadi rebusan atau sup, masak kembang kol dalam air, biarkan mendidih selama 20 menit, untuk bagian kuntum dididihkan selama 5 sampai 10 menit. Langkah selanjutnya adalah meniriskan air, kemudian kol ditambahkan susu, mentega, dan bumbu. Kemudian kembang kol dilumat dengan pelumat kentang.
- c. Untuk memanggang kuntum bunga kol diperlukan pengaturan oven 204 °C, kemudian kembang kol bersama 1 sendok makan minyak zaitun, garam, merica, dan biji jintan. Kemudian campuran disusun ke dalam loyang dan dimasukkan ke oven selama 20 menit sampai berwarna coklat keemasan.

Kembang kol juga lezat jika dimasak ataupun dimakan mentah, untuk kembang kol mentah, kembang kol perlu dicuci dahulu dan dipecahkan bagian kuntumnya lalu disajikan dengan saus. Dalam memasak kembang kol tidak boleh terlalu matang karena akan kehilangan rasa dan nutrisinya [15].

### **2.9.5 Tomat**

Tomat merupakan buah sayur yang kaya akan vitamin A dan C dan asam folat, 3 buah nutrisi yang paling dibutuhkan setiap hari terutama untuk ketahanan tubuh. Salah satu cara mengonsumsi tomat yang enak tapi juga tidak kehilangan nutrisinya misalnya dengan membuat sup tomat, adalah makanan yang sehat, rendah kalori, serta cocok untuk dinikmati di hari yang dingin atau sedang hujan dan cocok



dijadikan teman makan sandwich keju. Sup tomat dapat dibuat dengan memanggang, merebus, kemudian menghaluskan tomat. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Panci diisi air setengah penuh kemudian dididihkan, kemudian tomat dipotong dengan pola “x”, kemudian tomat direbus dalam air mendidih selama 30 detik sampai warnanya pucat, kemudian tomat langsung diangkat dan didinginkan sebelum dipotong. Pada langkah ini tomat tidak boleh direbus terlalu lama, apabila terlalu lama akan membuat sari-sari tomat larut dengan air dan membuat rasa tomatnya hilang. Setelah tomat didinginkan tomat dikupas dan dipotong.
- b. Untuk memanggang sayuran, even dipanaskan sampai 350 °C. kemudian tomat, paprika, dan bawang dipotong ukuran sedang. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam mangkok, bawang putih dan timi ikut dicampurkan dalam sayuran tersebut, kemudian diaduk setelah dituang 2 sendok makan minyak. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam nampan panggang, kemudian dipanggang selama 30 menit. Setelah matang sayuran yang sudah dipanggang dimasukkan ke dalam panci, kemudian kuah sayur dimasukkan dalam panci, banyak sedikitnya kuah bisa tergantung selera pemasak apakah mau kuah encer atau kental. Kemudian sayuran dididihkan secara perlahan dan ditambah bumbu penyedap, kuah dipanaskan pada api sedang selama 30 menit. Langkah terakhir adalah menghaluskan sup ke dalam blender dan dihancurkan sampai halus merata [25].

#### **2.9.6 Brokoli**

Brokoli tidak hanya kaya akan gizi seperti vitamin C, asam folat, dan serat, tetapi juga mudah untuk dimasak dan bisa menjadi tambahan yang bergizi untuk setiap makanan. Ada banyak cara untuk memasak brokoli, mulai dari mengukus, menumis, memanggang, atau memblansing brokoli, brokoli adalah sayuran lezat yang terasa enak dimakan sendiri atau dicampur dengan bahan lain seperti berbagai macam daging atau sayuran lainnya. Adapun beberapa cara memasak brokoli adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum memasak brokoli, sayuran ini harus dicuci dahulu dengan mencuci dan membilas brokoli secara menyeluruh,



- kemudian batang utama brokoli dibuang karena lebih keras dan tidak enak jika dimasak.
- b. Untuk mengukus brokoli, panci diisi kurang lebih 5 cm air, tempat kukusan dimasukkan, panci ditutup, dan air dididihkan dengan menggunakan api sedang. Setelah air mendidih brokoli dimasukkan selama 3 sampai 5 menit tergantung banyaknya brokoli yang dikukus. Setelah masak tutup panci harus dibuka segera karena jika tidak brokoli akan terus termasak dan menjadi lembek dan basah.
  - c. Untuk memasak brokoli beku, brokoli dimasukkan ke dalam panci berisi air dengan ketinggian 5 sampai 7,5 cm air. Kemudian air bersama brokoli dipanaskan di atas api sedang hanya sampai air mulai mendidih. Kemudian air harus segera diangkat dari kompor [16].
  - d. Untuk merebus brokoli, panci besar diisi dengan air sebanyak  $\frac{2}{3}$  penuh. Kemudian panci diisi dengan air dingin, dimasukkan beberapa balok es. Kemudian kompor dinyalakan dengan api besar untuk mendidihkan air, setelah mendidih batang brokoli dimasukkan selama 2 menit, kemudian bunga brokoli dimasukkan selama 5 menit dan ditunggu hingga brokoli matang dan melunak. Setelah masak brokoli dimasukkan ke dalam air es yang sudah disiapkan, langkah ini agar brokoli berhenti dari proses perebusan dan membuat tekstur menjadi renyah. Kemudian brokoli ditiriskan dari air dan siap untuk dicampur dengan bumbu.

Merebus brokoli sangat baik bagi orang yang memiliki masalah pencernaan, karena proses perebusan dapat membuat lebih mudah untuk dicerna [17]. Adapun beberapa sayuran lainnya juga membutuhkan perlakuan khusus dalam memasak.

Salah satu masakan yang memakai beberapa bahan sayuran di atas adalah sayur sop yang nantinya akan diujikan pada bab 4, dalam memasak sayur sop wortel, kentang, dan buncis membutuhkan waktu lebih lama daripada bahan lain, sayurannya pun tidak dapat dimasukkan secara bersamaan karena memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda, sehingga dalam memasak sayur sop bahan harus dimasukkan satu persatu sesuai petunjuk resep. Dalam membuat sayur sop dibutuhkan kurang lebih 30 menit.

## 2.10 Kontrol Proporsional Integral

Sistem kontrol proporsional adalah jenis sistem kontrol umpan balik yang linier. Sistem kontrol proporsional lebih kompleks dari pada sistem kontrol *on-off*, namun sistemnya lebih sederhana dari pada sistem kontrol PID (Proporsional-Integral-Derivatif) yang biasanya digunakan dalam suatu sistem kontrol mobil. Prinsip kerja kontrol *on-off* akan bekerja dimana sistem secara keseluruhan memiliki respon waktu yang lambat, dan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil jika sistem yang dikontrol memiliki respon waktu yang cepat. Maka dari itu dibutuhkanlah kontrol proporsional ini, dimana sistem dapat mengatasi dengan modulasi output ke perangkat pengendali. Kebanyakan dari aplikasi penggunaan kontrol proporsional adalah pada pengaturan kecepatan motor seperti pada mobil, motor DC, dan lain-lain.

### 2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional

Dalam algoritma kontrol proporsional output sebanding dengan sinyal error, yang merupakan selisih antara set point dengan variabel proses. Dengan kata lain output dari controller proporsional adalah hasil perkalian dari sinyal error dan penguatan proporsional. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (2.7)$$

Pada rumus diatas  $e(t)$  menunjukkan sinyal error yang merupakan input controller, dan  $u(t)$  adalah output controller. Adapun bentuk rumus apabila dalam transformasi *laplace* adalah:

$$u(s) = Kp \cdot e(s) \quad (2.8)$$

Dimana  $Kp$  adalah konstanta proporsional sehingga fungsi alih kontroler proporsional adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \quad (2.9)$$



Adapun mekanisme sebenarnya dan apapun bentuk gaya operasinya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan suatu penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Blok diagram kontroler proporsional adalah sebagai berikut:



**Gambar 2. 23** Diagram blok kontroler proporsional [18]

### 2.10.2 Teorema Kontrol Integral

Pada kontrol integral terdapat sinyal error  $e(t)$  merupakan input controller, konstanta integral, dan output controller adalah sinyal kontrol  $u(t)$ . Perbedaan kontrol integral dengan proporsional adalah pada sinyal erornya, pada kontrol integral untuk mendapatkan sinyal error dibutuhkan error sekarang dan error sebelumnya, kemudian error dijumlahkan maka didapatkan  $e(t)$ . Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Ki \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2. 10)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = \frac{Ki}{s} E(s) \quad (2. 11)$$

Dimana  $Ki$  adalah konstanta yang dapat diubah-ubah, sehingga fungsi alih kontrol integral adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{Ki}{s} \quad (2. 12)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:



**Gambar 2. 24** Diagram blok kontroler integral [18]

### 2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral



Teorema kontrol proporsional integral adalah gabungan dari kontrol proporsional ditambah integral. Adapun hubungan antara kedua kontrol tersebut adalah:

$$u(t) = Kp \cdot \{e(t) + Ki \int_{t_0}^t e(t) \} \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2.13)$$

Dimana

$$Ki = \frac{1}{\tau_i} \quad (2.14)$$

Atau dalam besaran transformasi Laplace

$$u(s) = Kp \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right) E(s) \quad (2.15)$$

Dimana  $Kp$  adalah penguatan proporsional dan  $\tau_i$  adalah waktu integral, dan parameter  $Kp$  dan  $\tau_i$  keduanya dapat ditentukan. Sehingga fungsi alih kontrol proporsional integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left\{1 + \frac{1}{\tau_i s}\right\} \quad (2.16)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:

$$E(s) \longrightarrow Kp\{1+(1/\tau_i s)\} \longrightarrow U(s)$$

**Gambar 2. 25** Diagram blok kontroler proporsional integral [18]

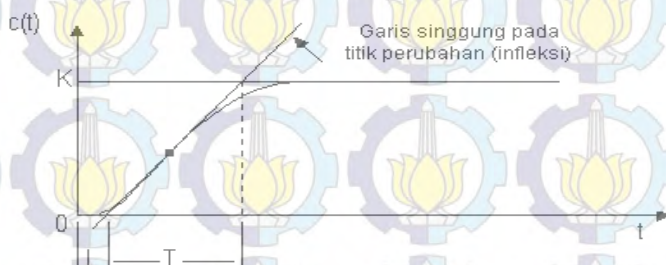
#### 2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral

Parameter kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) yang tidak dipilih dengan benar menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, output menyimpang atau terjadi osilasi. Metode tuning kontrol adalah pengaturan parameter kontrol pada nilai yang optimal untuk mendapatkan respon kontrol yang diinginkan disesuaikan dengan aplikasi.

Salah satu metode untuk memudahkan tuning adalah metode *Ziegler-Nichols* yang diperkenalkan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols. Metode ini yang pertama-tama dilakukan adalah memberikan input step pada sistem dengan kondisi *open loop*. Apabila plan minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun komponen-komponen yang kompleks, maka reaksi sistem akan berbentuk S. adapun gambarnya adalah:



**Gambar 2. 26** Metode Tuning Ziegler-Nichols



**Gambar 2. 27** Reaksi sistem open loop ketika diberi input step

**Tabel 2. 7** Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols

Tipe Kontrol	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$T/L$	$\sim$	-
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	-
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Setelah mendapatkan kurva reaksi berbentuk S, langkah selanjutnya adalah mencari gradien terbesar pada titik sepanjang kurva S, kemudian disebut titik infleksi sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.27. Dari titik infleksi tersebut ditarik garis yang menyinggung banyak titik pada kurva S serta memotong sumbu X

dan garis K, sehingga akan dihasilkan 2 konstanta yaitu konstanta L dan T. Konstanta L dan T ini akan digunakan untuk tuning kontrol yang akan digunakan sesuai kebutuhan sesuai yang ditunjukkan pada tabel [19].

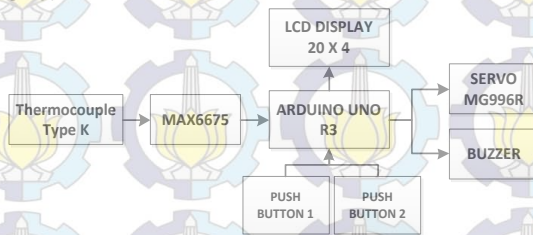


## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem kompor yang sudah terprogram suhunya terdiri dari beberapa bagian, yakni perancangan mekanik, perancangan elektrik, perancangan perangkat lunak, perancangan *user interface*, dan perancangan sistem keamanan atau *emergency*-nya. Dalam perancangan semua sistem saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Secara garis besar sistem ini memandu orang yang memasak melalui tampilan LCD dan suhu sudah terkontrol sesuai resepnya melalui servo.

### 3.1 Diagram Blok Sistem

Untuk membuat sistem kompor dengan suhu terprogram ini membutuhkan kompor, gas LPG, panci teflon, sensor suhu termokopel, modul kompensasi termokopel MAX6675, servo, pemanik kompor, LCD display 20x4, buzzer, *pushbutton*, dan Arduino Uno.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Melalui pembacaan sensor suhu termokopel tipe K, suhu ditampilkan pada LCD *display*, selain hanya ditampilkan suhu nanti juga dikontrol melalui bukaan katup gas yang terhubung dengan servo. Sehingga pada servo nanti mempunyai posisi derajat minimal dan maksimal untuk mengatur berapa besar nyala api. Data ADC dari termokopel bisa langsung dibaca dalam bentuk keluaran suhu pada Arduino karena ada modul kompensasi MAX6675 yang merubah

data analog termokopel menjadi keluaran digital sehingga bisa langsung dibaca Arduino dan tidak perlu lagi mengkonversinya.

Setelah mengetahui suhu aktualnya, pertama-pertama memasak secara manual memakai kompor yang sudah dimodifikasi tersebut, dicatat dan diperoleh suhu dan waktu yang diperlukan untuk memasak satu resep masakan. Misal untuk memasak telur, berapa suhu panci yang diperlukan untuk memasukkan telur, waktu dan suhu yang diperlukan untuk membuat putih telurnya memutih, waktu yang diperlukan untuk membalik telur, dan waktu dan suhu yang diperlukan sampai telur matang. Sehingga dari data tersebut diperoleh total waktu dan rentang suhu kerja untuk memasak telur. Data tersebut nantinya akan dimasukkan ke sistem.

Fungsi utama lainnya adalah tampilan pada LCD *display* sebagai panduan memasak melalui perintah-perintah yang harus dilakukan tiap resepnya, sebagai monitor suhu, dan juga sebagai tampilan waktu tiap langkah. Selain itu ada 2 *pushbutton* yang digunakan untuk mengoperasikan LCD, ada tombol 'OK' yang berfungsi untuk memilih resep dan juga berfungsi untuk menyalakan dan mematikan kompor. Tombol satunya berfungsi sebagai 'NEXT' *button*. Tombol inilah yang berfungsi untuk menavigasi LCD menuju resep yang akan kita masak.

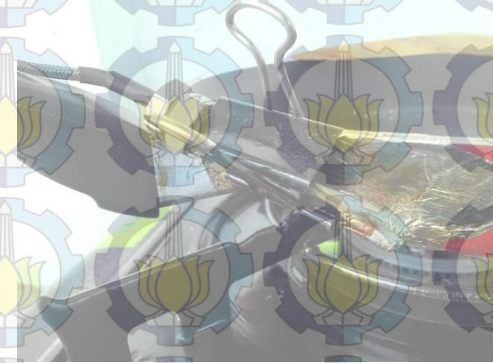
Dalam sistem Arduinonya terdapat fungsi kontrol berdasarkan input data dari termokopel, Arduino akan mengontrol servo yang bertugas mengatur besar nyala api, dan juga untuk menyalakan buzzer yang berfungsi sebagai pengingat atau peringatan pada sistem. Arduino juga membuat *timer* yang ditampilkan melalui LCD. Karena sistem ini menggunakan gas LPG yang mudah terbakar sehingga diperlukan pengaman apabila terjadi sesuatu, maka dari itu dalam sistem terdapat tombol RESET atau *emergency button* sehingga apabila terjadi suatu hal yang tidak diinginkan dengan memencet tombol reset, api bisa langsung mati dan sistem kembali ke kondisi awal.

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan kompor terprogram, komponen yang dibutuhkan pada tugas akhir ini adalah kompor portable merek Winn gas, panci teflon 22 cm merek Rinnai, gas tabung butana merek Winn gas. Dan komponen ataupun rangkaian elektronik penunjang agar membuat kompor menjadi otomatis adalah termokopel, MAX6675,



Arduino, *pushbutton*, LCD *display* 20x4, buzzer, dan servo seperti halnya yang dijelaskan di subbab sebelumnya. Adapun perancangan perangkat kerasnya adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 2** Penempatan termokopel pada panci teflon

Termokopel ditempelkan menggunakan perekat tambal panci pada sisi luar teflon sehingga bisa mewakili suhu yang ada di teflon. Termokopel diletakkan di luar panci agar tidak mengganggu masakan dan juga tidak mengotori masakan. Agar kabel termokopel tidak mengganggu pemasak dan melekat kuat pada teflon, sebagian kabel termokopel diikatkan pada lengan teflon menggunakan kabel *ties*.



**Gambar 3. 3** Instalasi servo pada katup kompor

Posisi servo diletakkan tegak lurus dengan katup kompor karena derajat putar katup 160 derajat dan spesifikasi servo adalah 180



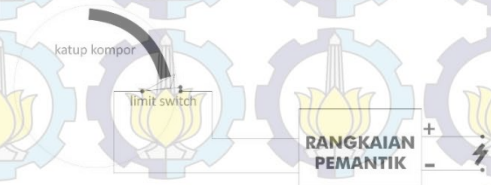
derajat. Dalam pemasangan posisi katup 0 derajat ditempelkan dengan posisi servo 0 derajat menggunakan lengan servo yang dibaut pada katup. Agar posisi servo tidak berubah dan tetap mempertahankan posisinya, tempat baut bagian bawah servo dihubungkan dengan akrilik tebal 5mm berbentuk L dikaitkan dengan bagian bawah kompor.



**Gambar 3. 4** Instalasi pemantik kompor

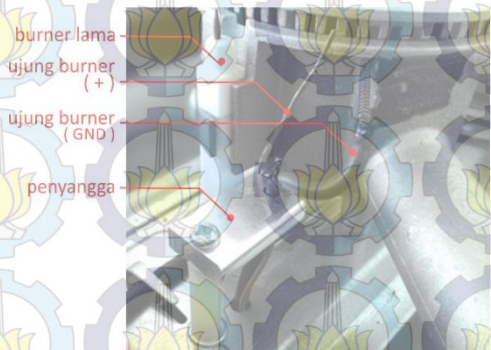
Model kompor Winn gas yang digunakan memiliki pemantik tumbuk, sehingga gambar 3.4 adalah modifikasi dari pemantik tumbuk yang biasa dipakai pada kompor tersebut. Pemantik diganti karena pemantik tumbuk untuk menyalakannya sangat keras dan membutuhkan gaya yang cukup besar untuk menyalakannya, apabila kompor dinyalakan secara manual atau menggunakan tangan hal ini tidak menjadi masalah, namun lain cerita apabila yang menekan pemantik adalah servo, dibutuhkan servo dengan torsi yang cukup besar dan perancangan lengan pancang badan servo yang kuat agar servo tidak goyah saat menekan pemantik. Pada awalnya penulis menggunakan pemantik tumbuk untuk menyalakan kompor, namun seiring percobaan yang berulang-ulang membuat struktur mekanik lengan pancang badan servo melemah sehingga servo tidak mampu lagi untuk menyalakan pemantik, maka dari itu pemantik diganti menggunakan pemantik listrik yang memakai baterai AA 1,5 Volt sebagai catu dayanya. Untuk menyalakannya digunakan limit switch sebagai saklar yang diletakkan sedemikian rupa dengan lengan katup sehingga akan menyala ketika katup diputar maksimal. Desain mekanik seperti yang terlihat pada gambar.

**Gambar 3.5** Rangkaian *limit switch* terbuka



**Gambar 3.6** Rangkaian *limit switch* tertutup

Pada gambar 3.6 terlihat apabila *limit switch* ditekan maka pemantik akan mengeluarkan percikan api yang digunakan untuk menyulut gas. Sedangkan penempatan tempat percikan apinya dekat dengan tungku tempat keluarnya gas, seperti pada gambar di bawah ini:

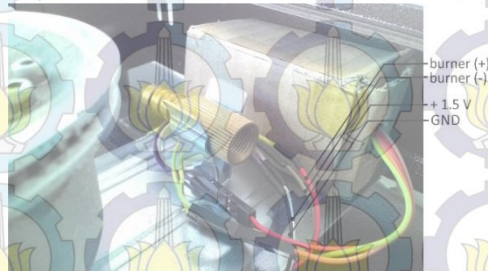


**Gambar 3.7** Instalasi *burner* pada tungku kompor

Seperti yang terlihat pada gambar 3.7, dalam pembuatan burner sedikit berbeda dengan burner pemantik tumbuk. Kalau pemantik tumbuk hanya membutuhkan satu ujung burner sedangkan pemantik listrik membutuhkan dua ujung burner, satu ujung sebagai *ground* dan

satu ujung sebagai kutub positif. Dalam pemasangannya ujung *burner* GND ditempelkan dengan badan tungku sedemikian rupa sehingga ujung GND selalu menempel pada badan tungku yang terbuat dari logam. Sedangkan ujung *burner* positif diletakkan sedemikian rupa sehingga berdekatan dengan badan tungku. Jarak antara kutub positif dengan badan tungku tidak bisa sembarangan, kalau terlalu jauh maka tidak akan terjadi percikan api, begitu juga sebaliknya, apabila terlalu dekat percikan api juga tidak terjadi, setelah dilakukan beberapa percobaan jarak kutub positif dengan kutub GND antara 3-5 mm. pada jarak tersebut apabila *limit switch* ditekan maka akan timbul percikan api yang nantinya dapat menyalakan api apabila katub gas terbuka.

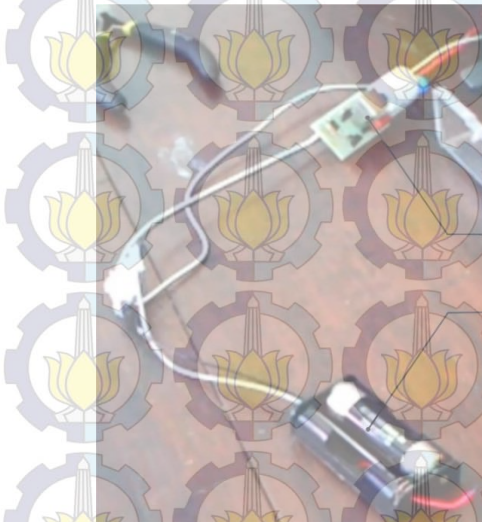
Adapun peletakan dan instalasi rangkaian pemantik listriknya seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 3. 8** Kotak rangkaian pemantik listrik

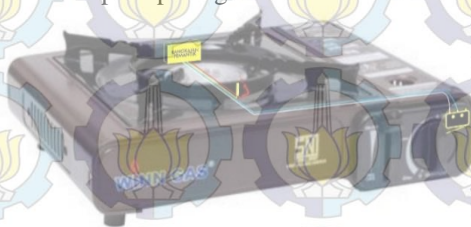
Dalam instalasi rangkaian pemantik dibuatkan kotak agar lebih aman dan lebih rapi, kotak ditempatkan agak jauh dari tungku agar tidak terbakar saat kompor menyala. Dalam kotak rangkaian terdapat rangkaian pemantik listrik dan baterai 1,5 Volt, dibuatkan 4 kabel lebih mudah dibongkar pasang. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8 ada dua kabel *power* yang dihubungkan dengan *limit switch*, sedangkan kabel lainnya yakni *burner* (-) dan *burner* (+) dihubungkan dengan ujung-ujung *burner* yang dekat dengan tungku. Adapun tampilan rangkaian apabila kotak dibuka adalah:





**Gambar 3. 9** PCB pemantik dan baterai

PCB didapatkan dari pemantik listrik eksternal kemudian dimodifikasi sedemikian rupa sehingga bisa digunakan sebagai pemantik listrik kompor. Adapun desain instalasi pemantik kompor secara keseluruhan seperti pada gambar di bawah ini:



**Gambar 3. 10** Desain pemantik modifikasi

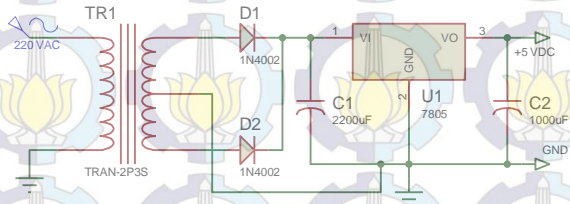
### 3.3 Perancangan Elektrik Kompor

Perangkat elektrik adalah perangkat yang memiliki peranan penting dalam tugas akhir ini. Perangkat elektrik meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sensor, minimum sistem dan servo kontroler. Catu daya adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk

memberikan tegangan pada mikrokontroler dan servo controller. Catu daya yang digunakan pada kompor ada dua, yaitu:

1. Catu daya untuk mikrokontroler Arduino
2. Catu daya untuk motor servo

Catu daya untuk mikrokontroler Arduino dan untuk motor servo sebenarnya memiliki spesifikasi yang sama, tapi tidak boleh hanya menggunakan satu catu daya, artinya satu catu daya diparalel untuk sumber Arduino dan motor servo. Jadi harus dibedakan sehingga ditentukan untuk Arduino diberi catu daya 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere, sedangkan motor servo juga memiliki spesifikasi catu daya yang sama yakni 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere. Catu daya menggunakan sistem switching dimana modul jadi bisa didapatkan banyak di pasaran, yakni bisa memakai *charger* hp. Adapun rangkaian catu dayanya adalah:

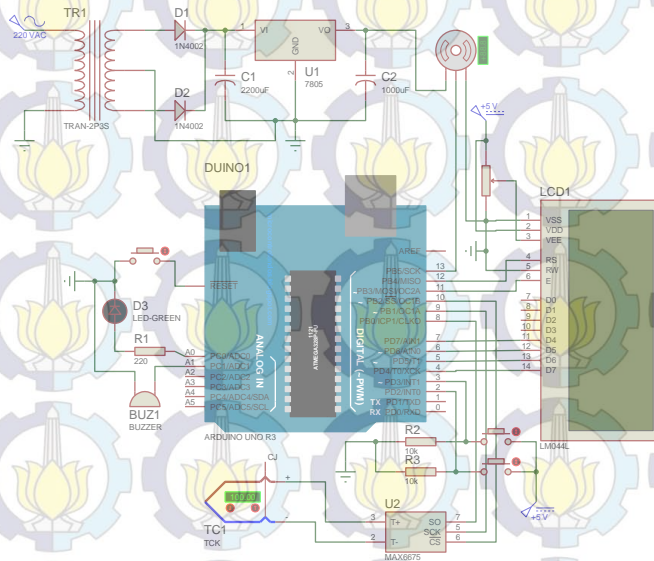


**Gambar 3. 11** Rangkaian catu daya 5 VDC

Pada rangkaian gambar 3.11 menghasilkan output tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 A dimana rangkaian memiliki keluaran yang stabil karena menggunakan penstabil rangkaian IC regulator 7805. 7805 merupakan IC regulator catu daya yang umum digunakan menghasilkan tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 Ampere. Rangkaian catu daya menggunakan komponen diantaranya kapasitor Elco 2200  $\mu$ F/16 V dan 1100  $\mu$ F/16 V, dua dioda 1N 4002, IC regulator 7805, dan trafo *stepdown* 220 V/12 V 1 A CT. Fungsi dioda pada 1N4004 pada rangkaian digunakan untuk mengamankan sistem ketika catudaya terbalik. Fungsi dari 7809 juga digunakan untuk mengurangi disipasi daya.

### 3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

Dalam pembuatan sistem semua komponen diintegrasikan menggunakan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai otak utama sistem, dimana fungsi Arduino sebagai penerima data analog dari MAX6675 dan data digital dari 2 *pushbutton* navigasi, dan 1 *pushbutton* reset. Sedangkan Arduino sebagai *output* akan mengirimkan sinyal data paralel pada LCD *display* 20x4, mengirimkan data posisi servo ke pin data servo, dan logika “HIGH” dan “LOW” pada buzzer, dan LED. Selain itu juga ada tombol RESET yang aktif “LOW” sebagai tombol keamanan sistem. Adapun rangkaian keseluruhan dari sistem kompor dengan suhu terprogram adalah:



Gambar 3. 12 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

### 3.3.2 Rangkaian Arduino Shield

Untuk membuat rangkaian menjadi sederhana dan mudah dibongkar pasang, dibuat rangkaian Arduino *shield*. Adapun rangkaiannya adalah:





PIN  
MAX6675

SUPPLY  
SERVO

SERVO  
PIN HEADER

BUZZER

RESET  
BUTTON

POTENTIOMETER  
LCD CONTRAST

TUGAS AKHIR  
IMAM FITRIATNO  
BISMILLAH 112!  
DO 11/02.25°C

LED  
INDICATOR

LCD DISPLAY  
20X4

PUSHBUTTON  
1

PUSHBUTTON  
2

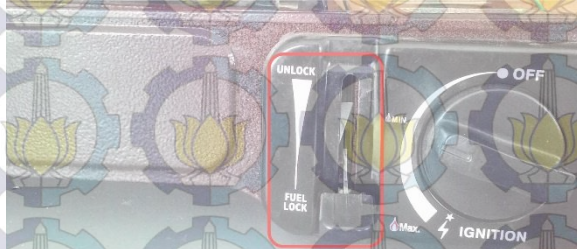
**Gambar 3. 14** Tampilan *PCB* rangkaian elektronik

Pada gambar 3.14 Arduino Uno terletak pada bagian bawah *PCB board*.

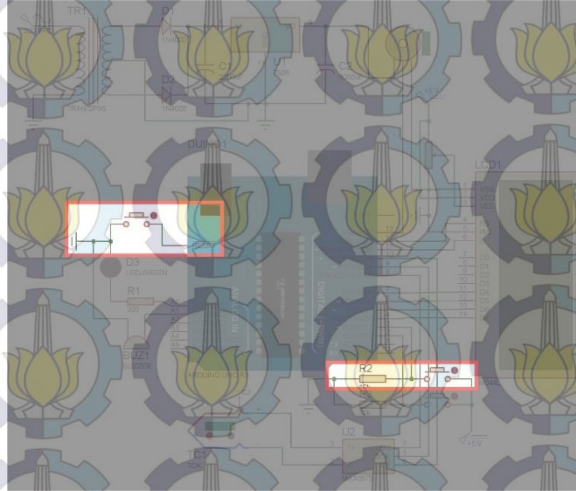
### 3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompur

Pada sistem kompor terprogram ini dengan sistem nyala kompor yang otomatis tentu saja menimbulkan kekhawatiran apabila terjadi kesalahan sistem. Maka dari itu dibuat sistem keamanan kompor dimana apabila sistem ini diaktifkan kompor langsung mati dan program kembali ke kondisi semula. Sistem keamanan ada dua level, yang pertama adalah tombol 'OK' yang berfungsi menyalakan dan

mematikan kompor, dilain sisi fungsi tombol ini juga untuk memilih resep masakan. Jadi tombol 'OK' ini memiliki 3 kondisi, yakni OK BUTTON, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Tombol ini akan selalu berfungsi pada fungsi program manapun, baik ketika sedang memilih resep atau ketika sedang menjalankan langkah-langkah yang ada pada resep. level keamanan yang kedua adalah dengan memaksakan sistem kembali ke kondisi semula, caranya dengan memanfaatkan pin RESET Arduino dengan menyambungkannya dengan *ground*, dan juga dengan menambahkan *pushbutton* yang berfungsi sebagai saklar pin RESET. Sehingga dengan adanya sistem pengamanan ini diharapkan tidak ada kejadian yang tidak diinginkan misalnya kompor meledak ataupun gas bocor dikarenakan sistem program yang eror. Selain itu sistem pengaman juga terdapat pada bagian mekanik kompor, pada sebelah kiri katup kompor terdapat pengunci tabung gas. Jadi apabila kompor sedang tidak digunakan pengunci bisa dibuka dan tentu saja gas tidak akan bocor karena tidak ada gas yang mengalir pada selang tungku. Adapun gambar sistem pengaman kompor adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 15** Pengunci gas tabung



**Gambar 3. 16** Rangkaian pengaman sistem

### 3.5 Perencanaan Software pada Sistem

Perangkat lunak yang dipakai untuk mikrokontroler Arduino adalah *software* Arduino seri 1.0.6. sebuah perangkat lunak gratis yang dirancang khusus untuk pemrograman mikrokontroler Arduino, dan bahasa yang digunakan adalah bahasa C. Adapun tampilan *software* Arduino adalah:



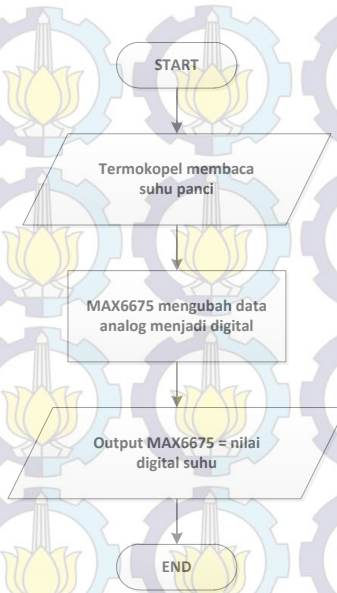


**Gambar 3. 17** Tampilan *software* Arduino

Salah satu fitur *software* Arduino ini adalah dapat menampilkan input data serial melalui serial monitor yang terletak pada pojok kanan atas jendela Arduino.

### 3.5.1 Proses Pembacaan Termokopel

Salah satu masukan yang diperoleh dari sistem adalah masukan suhu panci teflon yang nantinya akan diproses sebagai parameter kontrol servo.

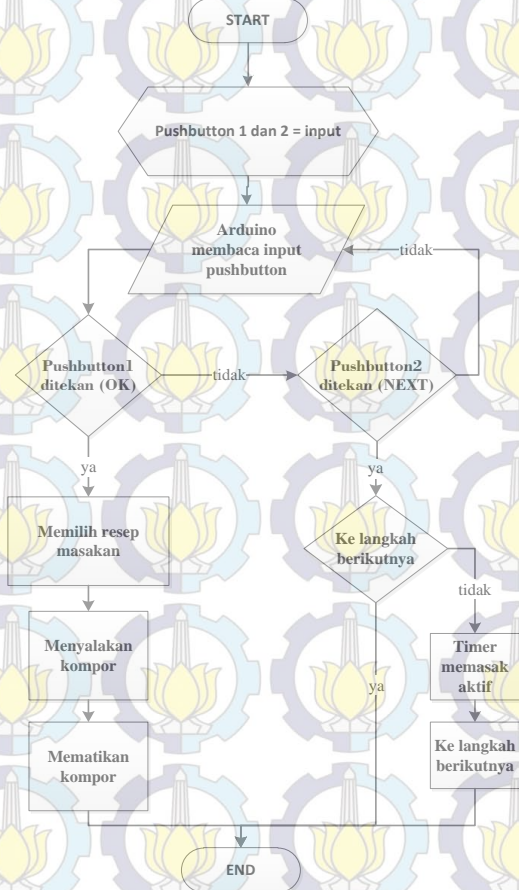


**Gambar 3. 18** *Flowchart* pembacaan suhu

Termokopel yang ditempelkan pada panci teflon akan mengalami perubahan tegangan ketika suhunya berubah, kemudian nilai analog dari termokopel tipe K akan diubah menjadi nilai digital oleh modul MAX6675, output dari MAX6675 akan masuk pada pin digital Arduino.

### 3.5.2 Proses Scanning Pushbutton

*Pushbutton* yang digunakan ada dua, satu *pushbutton* sebagai 'OK' button dimana memiliki 3 kondisi, yakni untuk memilih resep masakan, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Sedangkan *pushbutton* satunya sebagai 'NEXT' button dimana memiliki 2 kondisi, yakni sebagai tombol untuk melanjutkan ke langkah berikutnya dan untuk memulai *timer* pada langkah-langkah memasak. Kedua tombol ini digunakan untuk menavigasi pemasak dalam menjalankan alatnya. Adapun *flowchart*nya adalah:

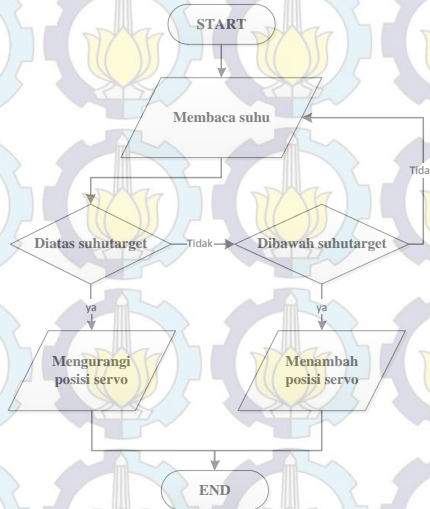


**Gambar 3. 19** *Flowchart scanning pushbutton*

### 3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral

Pada tugas akhir ini sistem yang digunakan adalah kontrol proporsional-integral. Kontrol diperlukan untuk mengatur perubahan posisi servo atau mengatur besar nyala api sehingga didapatkan suhu yang diharapkan.





**Gambar 3. 20** Flowchart kontrol proporsional

Adapun diagram blok sistem kontrol proporsional integral apabila dimasukkan dalam *plan* adalah:



**Gambar 3. 21** Kontrol Proporsional Integral pada pada plant

Pada gambar 3.21 ditentukan *setpoint* berupa suhu yang diinginkan kemudian didapatkan eror melalui selisih *setpoint* dengan suhu yang terbaca. Kemudian eror yang didapatkan dikalikan dengan nilai  $K_p$  dan  $K_i$ , setelah didapatkan nilai proporsional dan integralnya, kedua nilai dijumlahkan untuk dimasukkan ke dalam proses atau *plant*.

## BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

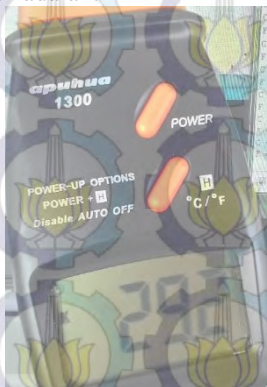
Pengujian kompor dengan suhu terprogram terdiri dari beberapa pengujian, diantaranya pengujian mekanik, pengujian pengujian perangkat elektrik, pengujian program, pengujian memasak, dan evaluasi sistem. Sebelum dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan perlu dilakukan pengujian masing-masing komponen untuk mengetahui apakah komponen berfungsi atau tidak.

### 4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui setiap komponen dapat berfungsi dengan baik. Berikut adalah pengujian beberapa bagian kompor.

#### 4.3.1 Pengujian Sensor Termokopel

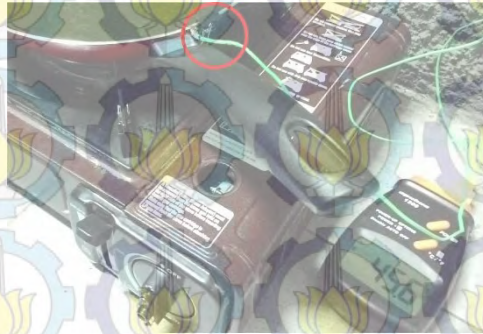
Sebelum termokopel diaplikasikan pada sistem, termokopel perlu diuji dan dikalibrasi dengan termometer. Pengujiannya disini menggunakan termometer digital dimana termometer juga menggunakan sensor termokopel. Adapun tampilan termometer digital yang digunakan adalah:



**Gambar 4. 1** Termometer digital merek "apuhua 1300"

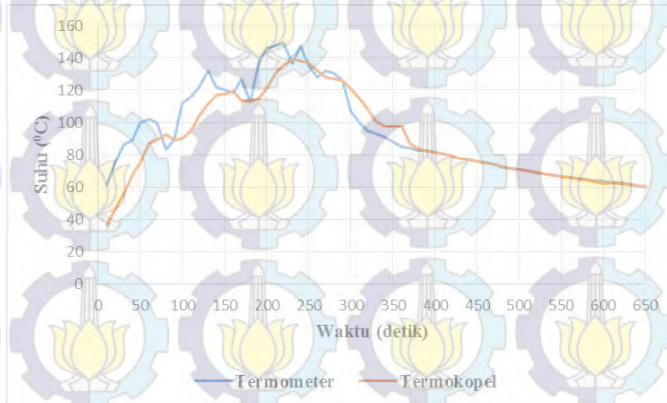
Sedangkan metode pengukuran suhunya adalah dengan meletakkan ujung batang ukur termometer ditempelkan dengan termokopel, sehingga diharapkan suhu yang terukur pada termometer

sama dengan ujung termokopel. Adapun gambaran pengukurannya adalah:



**Gambar 4. 2** Metode kalibrasi suhu

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan kalibrasi suhu adalah:



**Gambar 4. 3** Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel

Pada pengujian digunakan 350ml air kemudian api dinyalakan selama 300 detik kemudian api dimatikan. Pada awal pengukuran terlihat sudah ada perbedaan pengukuran dengan selisih sebesar 25 – 30 °C. Perbedaan pengukuran terus mengecil seiring dengan perubahan naiknya suhu sampai mencapai titik yang mempunyai pengukuran suhu yang sama, yakni +/- 140 °C, titik saturasi suhu ada pada suhu tersebut karena media yang dimasak adalah air sehingga panas dari



kompor merambat ke air yang mendidih, Kemudian suhu mulai turun mengalami perbedaan pengukuran juga pada rentang suhu 125 – 85 °C +/- sebesar 10 °C. Pada suhu di bawah 85 °C sampai dengan akhir pengukuran atau 60 °C pengukuran menunjukkan hasil yang sama dan hanya terjadi selisih suhu maksimal 0,5 °C.

#### 4.3.2 Pengujian *PCB Board*

Pengujian *pcb board* dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat tanggapan sistem terhadap input diluar sistem, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui daya tahan *pcb* apabila dipakai berulang kali. Adapun tampilan *pcb* yang akan diuji adalah:



**Gambar 4. 4** Tampilan utama *PCB board*

Gambar 4.4 adalah tampilan utama ketika program dinyalakan, pada baris 1 sampai 3 menampilkan karakter yang nantinya juga untuk menampilkan pilihan resep masakan dan langkah-langkah memasak. Sedangkan pada baris ke 4 adalah tampilan suhu yang terukur pada panci teflon.

Pada pengujiannya ini ada beberapa komponen yang perlu diuji coba, diantaranya:

1. Potensiometer sebagai pengaturan kontras LCD *display*, pada pengujian ketika potensiometer diputar ke kiri tampilan LCD akan menghilang dan dot piksel tiap matriks memudar. Begitu juga sebaliknya apabila diputar ke kanan dot piksel akan semakin jelas dan menyatu dengan karakter yang ditampilkan.
2. Tombol 'OK', seperti yang disebabkan pada bab sebelumnya, tombol 'OK' memiliki tiga kondisi, yakni memilih resep masakan, menyalakan, dan mematikan kompor. Pada pengujian ketika masuk pada tampilan pilihan resep masakan, ketika tombol

‘OK’ ditekan program akan langsung masuk pada fungsi resep masakan, ketika ditekan lagi untuk kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan lagi kompor mati. Tida kondisi ini dapat diaktifkan di tampilan LCD bagian manapun juga, pada pengujian pada tampilan utama LCD ketika tombol ditekan sekali tidak ada perubahan yang terjadi pada tampilan LCD, ketika ditekan yang kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan yang ketiga kalinya kompor mati.

3. Tombol ‘NEXT’, tombol ini berfungsi untuk menampilkan perintah atau tampilan selanjutnya pada LCD, pada pengujian ketika LCD mode *home screen* setelah tombol ‘NEXT’, LCD berubah menjadi tampilan pilihan resep masakan seperti halnya yang ada pada program.
4. Pengujian pin *header* pada *pcb*, pada *pcb* ada tiga jenis pin, yakni pin MAX6675, pin catu daya servo, dan pin servo. Pada pengujian pin MAX6675, ketika pin tidak disambungkan tampilan suhu pada LCD 0.00, “nan”, dan juga terkadang menampilkan angka ribuan atau pada kondisi ini bisa dikatakan eror. Setelah pin disambungkan suhu pada termokopel langsung langsung terbaca pada LCD. Pin selanjutnya adalah pin catu daya servo, apabila pin ini tidak disambungkan dengan sumber 5 Volt 1 A, maka walaupun servo sudah disambungkan maka servo tidak akan bergerak karena tidak mendapatkan catu daya, sedangkan pin servo adalah pin yang harus disambungkan pada 3 pin kabel servo.
5. Pengujian selanjutnya adalah pengujian Arduino pin *shield* dan LCD pin *shield*, arsitektur *pcb* disini didesain agar mudah dibongkar pasang dan praktis. Pada pengujian *shield* Arduino dicopot dan dipasang apakah pin *shield* dapat terhubung dengan baik atau tidak. Pengujian yang sama juga dilakukan pada pin *shield* LCD display 20x4.

#### 4.3.3 Pengujian Motor Servo

Pada pengujian motor servo disini tidak hanya menguji apakah servo berfungsi atau tidak, tapi juga apakah servo dapat menggerakkan katup atau tidak. Servo yang sudah dipasang tegak lurus dengan katup kompor kemudian diberi catu daya dan diuji apakah servo bisa berfungsi atau tidak. Dengan memanfaatkan bahasa C Arduino yang dengan mudah dapat mengontrol servo hanya dengan



mengontrol memasukkan nilai derajat posisi yang diinginkan. Misalnya:

*myservo.write (90);*

Pada kodingan tersebut servo Arduino memerintahkan servo untuk bergerak menuju posisi 90°, karena katup melekat kuat pada lengan servo maka katup juga ikut bergerak sesuai posisi servo yakni 90°.

Setelah dilakukan pengujian kontrol katup menggunakan servo, pada instalasi sebenarnya posisi servo tidak sama dengan posisi katup. Pada posisi katup 0° posisi servo diatur 40° sehingga pada inisialisasi *software* Arduino posisi servo dibuat 40°, hal ini dikarenakan apabila posisi servo dibuat 0° maka katup akan bergerak lebih kekiri atau kurang dari 0° dan tentu saja hal itu tidak mungkin, apabila dipaksakan maka dapat merusak servo karena mendapatkan beban tak hingga.

#### **4.3.4 Pengujian Nyala Kompor**

Ada beberapa tahapan dalam pengujian nyala kompor, tahapan pengujian nyala kompor adalah sebagai berikut:

1. Pengujian nyala kompor secara manual menggunakan tangan, hal ini dilakukan untuk memastikan kompor dapat menyala tanpa masalah apabila dinyalakan secara manual. Pada tahap ini pemantik masih menggunakan pemantik tumbuk, pemantik bawaan dari kompor.
2. Pengujian selanjutnya adalah pengujian nyala kompor menggunakan servo, pada tahap ini katup direkatkan dengan lengan servo agar katup bergerak sesuai posisi servo, namun pada tahap ini penahan servo belum dibuat dan penahan menggunakan tangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah torsi mampu menekan pemantik tumbuk atau tidak, penahan menggunakan tangan agar tidak ada faktor mekanik lain yang mempengaruhi torsi servo. Pada saat pengujian kompor dapat menyala dan torsi servo mampu untuk menekan pemantik tumbuk.
3. Setelah mengetahui bahwa torsi servo mampu untuk menekan pemantik, dibuatlah penahan servo yang terbuat dari akrilik tebal 5 mm yang dikaitkan dengan badan kompor. Setelah diuji beberapa kali ternyata pemantik tidak selalu menyala. Adapun tabel percobaannya adalah:



**Tabel 4. 1** Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk

Uji ke	Kondisi
1	Mati
2	Mati
3	Nyala
4	Mati
5	Mati
6	Mati
7	Mati
8	Nyala
9	Mati
10	Mati

Dari tabel pengujian 4.1 kompor tidak selalu menyala sehingga masalah ini merupakan masalah utama karena sistem dibuat kompor menyala secara otomatis. Maka dari itu dicarilah solusi lain dalam menyalakan kompor sehingga kompor dapat dinyalakan oleh servo dengan mudah.

#### **4.3.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor**

Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa terjadi masalah dalam sistem mekanik pemantik kompor, sehingga pemantik kompor dimodifikasi. Kali ini pemantik tumbuk sudah tidak dipakai lagi, digantikan dengan pemantik listrik yang menggunakan sumber baterai 1,5 Volt, untuk menyalakannya menggunakan *limit switch* yang berfungsi sebagai saklar diletakkan ditempat pemantik tumbuk berada. Pada pengujian ini kompor dapat menyala dengan mudah karena servo tidak membutuhkan gaya yang besar untuk menekan *limit switch*. Adapun tabel percobaan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 2** Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik

Uji ke	Kondisi	Uji ke	Kondisi
1	Mati	...	Nyala
2	Nyala	41	Nyala
3	Nyala	42	Nyala
4	Nyala	43	Nyala
5	Nyala	44	Nyala
6	Nyala	45	Nyala
7	Nyala	46	Nyala
8	Nyala	47	Nyala
9	Nyala	48	Nyala
10	Nyala	49	Nyala
...	Nyala	50	Nyala

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat kompor sudah bisa menyala secara terus menerus, dan hanya tidak menyala 1 kali dari 50 kali percobaan. Setelah dimasukkan ke sistem utama kompor sudah bisa menyala dan berjalan dengan lancar.



**Gambar 4. 5** Uji nyala kompor memakai pemantik listrik

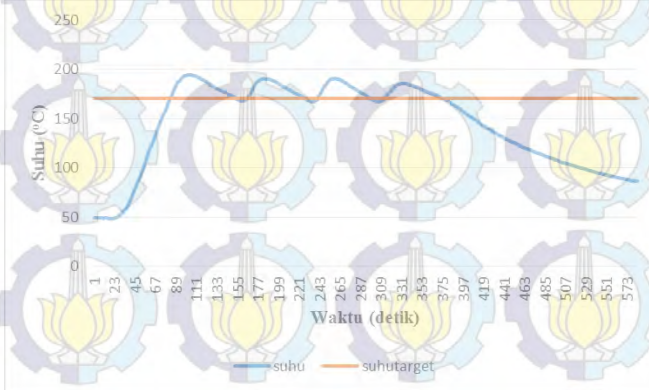
#### 4.3.6 Pengujian Kontrol Sistem

Sistem kompor dengan kontrol suhu terprogram perlu diberi kontrol agar bisa mengatur servo, kontrol yang digunakan mempengaruhi respon sistem dan juga output yang diinginkan. Pada *plant* yang akan digunakan direncanakan menggunakan kontrol proporsional atau kontrol proporsional integral. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut.



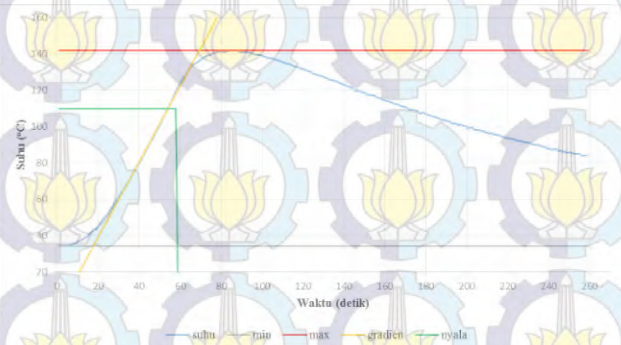
### 1.1.6.1 Pengujian Kontrol Proporsional

Pada pengujian pertama kontrol yang digunakan adalah kontrol proporsional dimana konstanta proporsional ditentukan melalui metode *trial error* dan metode *Ziegler-Nichols*. Pengujian dilakukan pada salah satu resep masakan yakni masak telur. Adapun hasil grafiknya adalah:



**Gambar 4. 6** Grafik pengujian kontrol proporsional

Pada grafik telur dimasak selama +/- 6 menit dengan pengaturan suhu target 170 °C,  $K_p = 2$ . Apabila menggunakan metode *Ziegler-Nichols* pertama-tama adalah mencari grafik *S* dari *unit step* berupa kompor yang dinyalakan selama beberapa waktu. Adapun grafiknya adalah



**Gambar 4. 7** Metode *Ziegler-Nichols*



Pada grafik garis hijau adalah ketika kompor menyala, garis biru adalah suhu yang terukur pada panci, garis abu-abu adalah suhu minimal yang terukur, garis merah adalah titik saturasi dari suhu maksimal, sedangkan garis oranye adalah gradien yang digunakan untuk mencari nilai T dan L. Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai T dan L pertama-tama dengan menentukan rentang garis paling linier dari garis oranye. Sehingga didapatkan nilai  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$ . Adapun perhitungan mencari nilai gradien  $m$  adalah sebagai berikut:

$$(x_1, y_1) = (33, 66.25)$$

$$(x_2, y_2) = (56, 114)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 66.25}{114 - 66.25} = \frac{x - 33}{56 - 33}$$

$$y = 2.076x + 2.260$$

Dimana  $m = 2.076$ . Setelah didapatkan nilai  $m$  dicari titik bawah untuk menentukan nilai  $x$  melalui perpotongan garis antara suhu minimal dengan gradien dan titik atas untuk menentukan nilai  $x$  melalui perpotongan garis antara suhu maksimal dengan gradien. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Titik bawah = suhu saturasi minimal – gradien

Titik atas = gradien – suhu saturasi maksimal

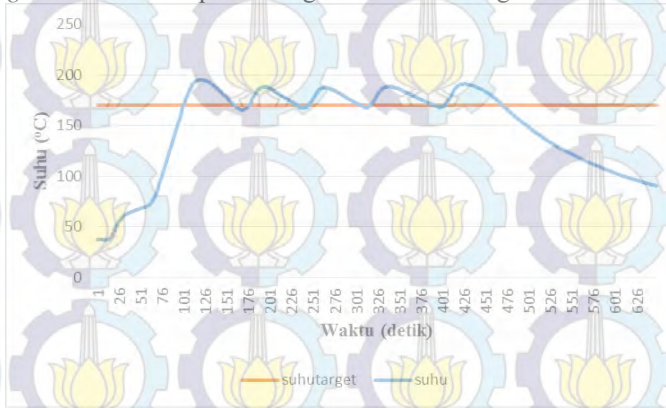
Titik bawah dan titik atas dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati 0, pada nilai titik bawah ditarik ke sumbu  $x$  maka didapatkanlah nilai  $L = 18$ . Pada nilai titik atas ditarik ke sumbu  $x$  kemudian nilainya dikurangi dengan nilai  $L$  maka didapatkanlah nilai  $T$ , yakni  $69 - 18 = 51$ . Berdasarkan grafik *Ziegler-Nichols* nilai  $K_p$  didapatkan dengan rumus:

$$K_p = T/L$$

$$K_p = 51/18$$

$$K_p = 2.83$$

Ternyata  $K_p$  dari metode *trial error* dan metode ini hampir sama, maka penulis mengambil salah satu nilai  $K_p$  yakni  $K_p$  dari metode *Ziegler-Nichols*. Adapun hasil grafik adalah sebagai berikut



**Gambar 4. 8** Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler-Nichols

Respon grafik yang dihasilkan dari kedua metode ini hampir sama yakni grafik mengalami titik osilasi yang merupakan karakteristik dari kontrol proporsional. Sehingga untuk memperbaiki kontrol diperlukan kontrol integral agar output suhu benar-benar sesuai dengan yang diinginkan.

#### 1.1.6.2 *Pengujian Kontrol Proporsional Integral*

Setelah didapatkan nilai  $T$  dan  $L$  melalui metode *Ziegler-Nichols* adapun rumus untuk mendapatkan  $K_p$  dan  $K_i$  adalah:

$$K_p = 0.9(T/L)$$

$$K_p = 0.9(51/18)$$

$$K_p = 2.55$$

$$K_i = K_p/T_i, \text{ dimana}$$

$$T_i = L/0.3$$

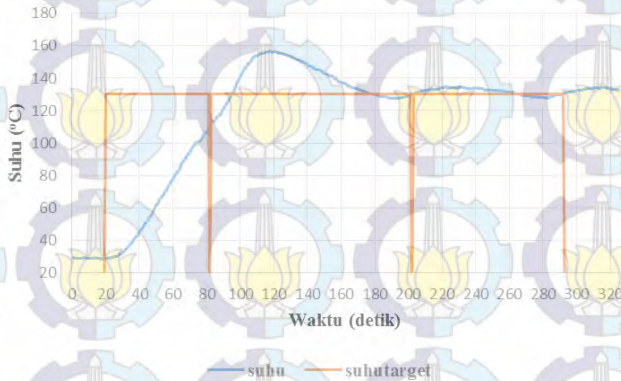
$$T_i = 18/0.3$$

$$T_i = 60,$$



$$K_i = 2.55/60$$

$$K_i = 0.0425$$



**Gambar 4. 9** Pengujian kontrol proporsional metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik terlihat sudah tidak mengalami titik osilasi karena ada penambahan kontrol proporsional pada sistem. Sehingga untuk selanjutnya kontrol yang dipakai pada sistem adalah kontrol proporsional-integral dikarenakan output suhu lebih sesuai dengan suhu yang diinginkan.

#### 4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor

Pengujian sistem keamanan dilakukan untuk menguji coba apakah sistem keamanan sudah benar-benar aman atau belum, sebelum diuji coba ke orang awam atau orang yang masih belajar memasak. Pada saat pengujian tombol 'RESET' berhasil membuat kompor mati dan program kembali ke kondisi awal, begitu juga dengan tombol 'OK' yang memiliki 3 kondisi, pada semua fungsi program tombol 'OK' dapat menyalakan dan mematikan kompor. Pada tahap ini kompor sudah siap untuk diuji coba baik oleh penulis sendiri dan maupun orang lain.

Pengujian keamanan selanjutnya adalah kondisi ketika listrik PLN mati, dikarenakan catu daya Arduino dan servo masih menggunakan listrik PLN maka dibutuhkan catu daya eksternal yang dapat mengantisipasi apabila listrik PLN mati. Pengujian dilakukan



dengan menyalakan alat dengan memakai catu daya dari listrik PLN, kemudian catu daya Arduino dan servo dicabut. Pada pengujian alat masih menyala karena Arduino dan servo mengambil tegangan catu daya eksternal yang dapat berupa baterai 9 sampai 12 Volt atau powerbank. rangkaian menggunakan IC 7805 dan dioda 1N4007 yang berfungsi sebagai regulator tegangan. Jadi ketika Arduino dan servo tidak mendapatkan catu daya dari listrik PLN, Arduino dan servo akan langsung mengambil tegangan dari catu daya eksternal. Tapi apabila listrik PLN sudah menyala kembali maka Arduino dan servo akan kembali mengambil tegangan dari listrik PLN. Untuk catu daya listrik PLN, catu daya memakai *power supply switching* berupa *charger handphone* dengan tegangan output 5 Volt dan arus 1 sampai 2 Ampere.

#### **4.3 Pengujian Memasak**

Setelah semua pengujian masing-masing komponen berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan cara memasak atau menjalankan programnya. Dalam tahap ini pengujian dilakukan oleh beberapa subyek penguji.

##### **4.3.1 Pengujian Memasak Telur**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan telur yang dimasak secara manual dibandingkan dengan telur yang dimasak secara terkontrol. Pada telur yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 130 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak telur kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada tiga tahap yakni ketika memanaskan minyak atau margarin, memasukkan telur, dan membalik telur. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

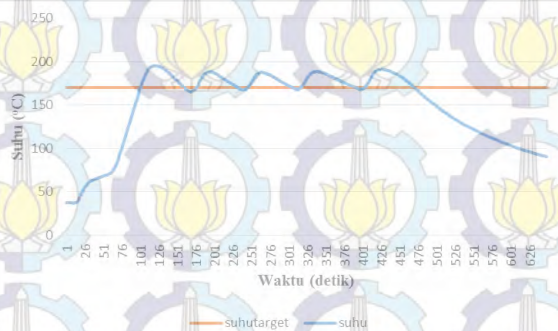
**Tabel 4. 3** Tabel pengujian telur

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU			Kontrol PI		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Kp	Ki	
1	170	170	170	60 detik	120 detik	180 detik	2	-	Esi
2	170	170	170	60 detik	120 detik	150 detik	2	-	Esi
3	170	170	170	60 detik	120 detik	120 detik	2	-	Ruliana
4	170	170	170	60 detik	120 detik	90 detik	2	-	Esi
5	150	150	150	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam
6	130	130	130	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam

Pada tabel 4.3 percobaan 1 sampai 4 menggunakan kontrol proporsional. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 10** Grafik pengujian 1 memasak telur



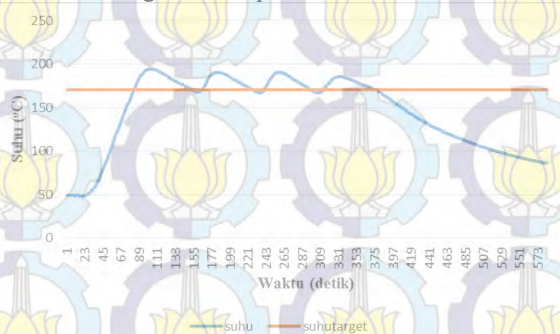


**Gambar 4. 11** Hasil pengujian 1 memasak telur

Dari gambar 4.11 terlihat pada bagian pinggir telur terlihat gosong dikarenakan suhu target yang diinginkan terlalu panas.

b. Pengujian 2 masak telur:

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 12** Grafik pengujian 2 masak telur



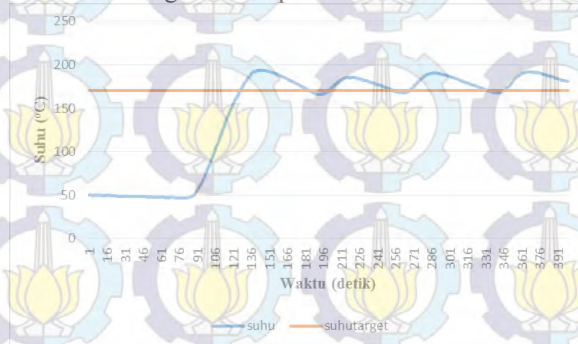


**Gambar 4. 13** Hasil pengujian 2 memasak telur

Perbedaan dari pengaturan sebelumnya parameter pada Waktu3 pengaturan waktunya dikurangi 30 detik, namun pada gambar 4.13 hasil masakan tidak berbeda dengan pengujian 1 dimana terdapat sedikit gosong pada tepi telur.

c. Pengujian 3 masak telur:

Pada pengujian 3 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 14** Grafik pengujian 3 masak telur

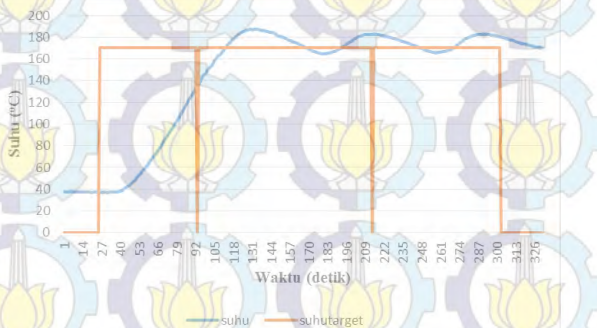


**Gambar 4. 15** Hasil pengujian 3 memasak telur

Pada pengujian 3 parameter yang diubah ada di Waktu3 dimana dikurangi 30 detik menjadi 2 menit. Hasil yang didapatkan tekstur sudah pas dan matang sempurna tapi pada tepi telur masih terlihat sedikit gosong seperti pada gambar 4.15.

d. Pengujian 4 masak telur:

Pada pengujian 4 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 16** Grafik pengujian 4 memasak telur



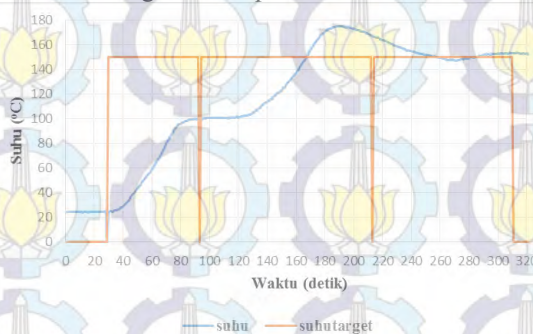


**Gambar 4. 17** Hasil pengujian 4 memasak telur

Pada pengujian ini hasil yang didapatkan parameter Waktu3 dikurangi 30 detik lagi yakni menjadi 90 detik, pada gambar 4.17 hasil yang dipatkan ternyata masih terdapat gosong dipinggir walaupun tengah telur sudah matang sempurna.

e. Pengujian 5 masak telur:

Pada pengujian 5 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 18** Grafik pengujian 5 masak telur



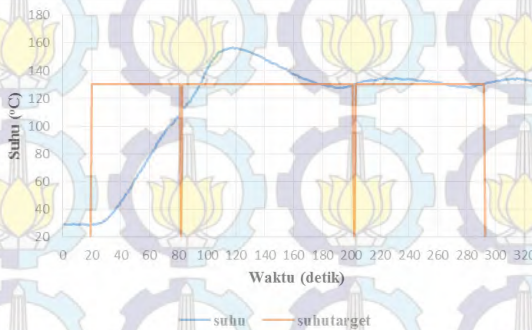


**Gambar 4. 19** Hasil pengujian 5 memasak telur

Pada pengujian 5 kontrol diganti menggunakan kontrol proporsional dan integral untuk mendapatkan output suhu sesuai dengan suhu yang diinginkan, parameter suhutarget diturunkan menjadi  $150^{\circ}$  dan dengan pengaturan Waktu1 1 menit, Waktu2 2 menit, dan Waktu3 90 detik. Hasil yang didapatkan tengah telur sudah matang dan tepi telur masih terlihat gosong.

f. Pengujian 6 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 20** Grafik pengujian 5 memasak telur



**Gambar 4. 21** Hasil pengujian 6 memasak telur

Pada pengujian 6 parameter pengaturan waktu tetap sedangkan parameter yang diubah adalah parameter suhu, baik Suhutarget1, Suhutarget2, Suhutarget3 diturunkan menjadi 130°. Sehingga hasil masakan yang didapat permukaan telur matang secara merata baik sisi tengah maupun sisi tepi telur sehingga pada kondisi telur seperti ini dengan adanya tambahan kondisi pilihan bagi pemasak dapat membuat telur matang seperti gambar ataupun ingin menggosongkan telur dengan memasak telur lebih lama.

#### **4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan scallop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan scallop yang dimasak secara terkontrol. Pada scallop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 125 – 135 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak scallop kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada empat tahap yakni ketika memanaskan minyak, memasukkan scallop, dan membalik scallop, dan membalik scallop lagi. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:



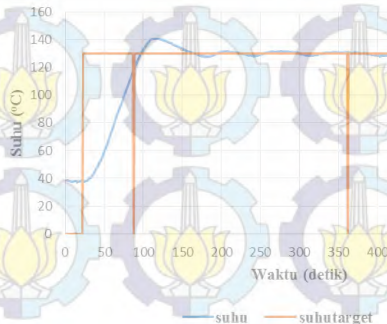
**Tabel 4. 4** Tabel pengujian scallop ikan

NO	KONTROL SUHU				KONTROL WAKTU				Kontrol PI	
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Suhutarget4	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Kp	Ki
1	130	130	130	130	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
2	160	160	160	160	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
3	100	100	100	100	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425

Pada tabel 4.4 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 22** Grafik pengujian 1 scallop ikan



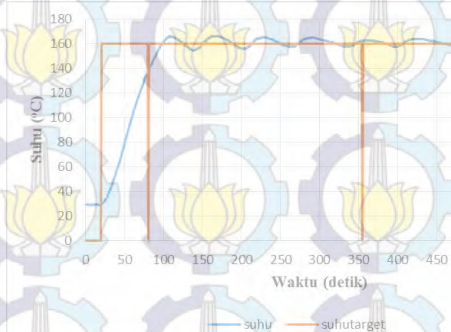


**Gambar 4. 23** hasil pengujian 1 scallop ikan

Pada pengujian 1 terlihat scallop sudah matang merata juga teksturnya sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini dicoba memasak lebih dari 2 scallop dengan pengaturan parameter yang sama didapatkan hasil yang sama juga, sehingga dapat disimpulkan jumlah scallop yang dimasak tidak mempengaruhi hasil masakan.

b. Pengujian 2 masak scallop

Suhtarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhtarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhtarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhtarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



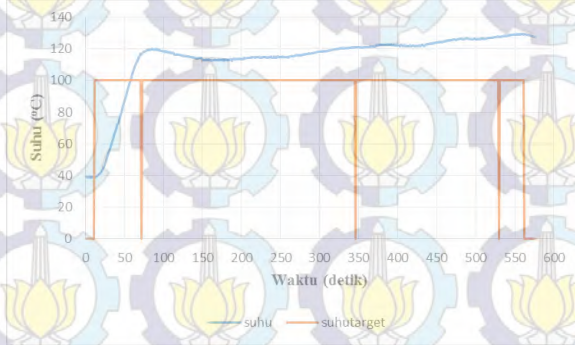
**Gambar 4. 24** Grafik pengujian 2 scallop ikan

**Gambar 4. 25** Hasil pengujian 2 scallop ikan

Pada pengujian 2 scallop ada gosongnya, sehingga dapat disimpulkan apabila suhu diatur melebihi suhu kerja yang digunakan untuk memasak scallop maka scallop akan semakin gosong.

c. Pengujian 3 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 26** Grafik pengujian 3 scallop ikan



**Gambar 4. 27** Hasil pengujian 3 scallop ikan

Pada pengujian 3 terlihat scallop kurang matang dan masih terlihat ada putih mentahnya dikarenakan pengaturan suhu target yang terlalu kecil yakni  $100^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan roti bakar yang dimasak secara manual dibandingkan dengan roti bakar yang dimasak secara terkontrol. Pada roti bakar yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah  $110 - 130^{\circ}\text{C}$ , sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian roti bakar roti kontrol suhu dicoba dibuat dua kali kontrol dan satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada dua tahap yakni ketika memasukkan roti, dan membalik roti. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 5** Tabel pengujian roti bakar

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU		Kp		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Kp	Ki	
1	90	110	0	2 menit	2 menit	0.5	-	Imam
2	-	150	0	4 menit	4 menit	0.5	-	Imam
3	-	130	0	2 menit	2 menit	2	-	Novem
4	-	130	0	2 menit	2 menit	2.55	0.0425	Anjik

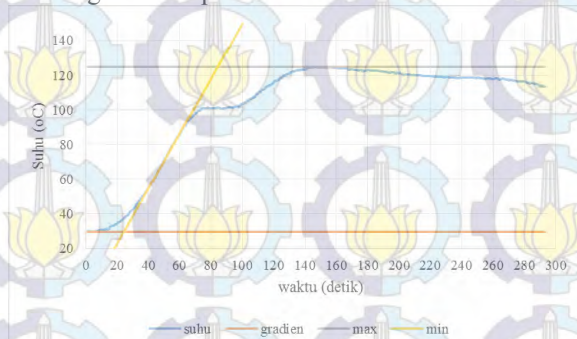
Pada tabel 4.5 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional dan pengujian 4 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter



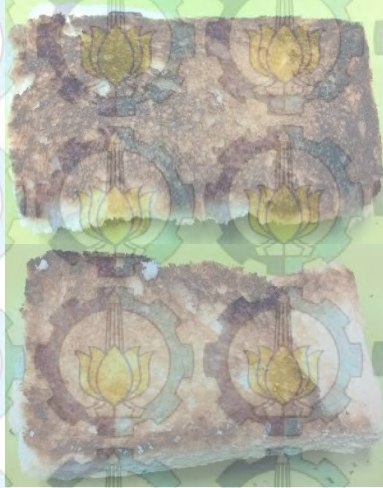
yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 roti bakar

Suhtarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhtarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, ) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 28 Grafik pengujian 1 roti bakar

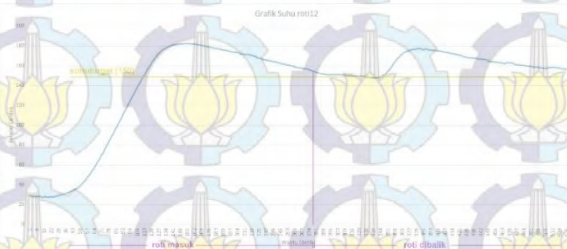


**Gambar 4. 29** Hasil pengujian 1 roti bakar

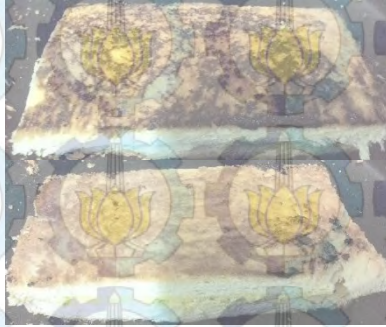
Dari gambar 4.29 terlihat roti matang tapi ada beberapa kegosongan karena sisi luar roti tidak diberi margarin secara merata.

b. Pengujian 2 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, ) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



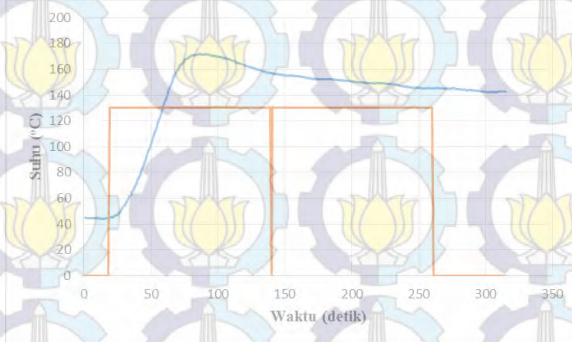
**Gambar 4. 30** Grafik pengujian 2 roti bakar



**Gambar 4. 31** Hasil pengujian 2 roti bakar

c. Pengujian 3 roti bakar

Suhtarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti bakar), Suhtarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti bakar) kemudian ditunggu 2 menit dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 32** Grafik pengujian 3 roti bakar



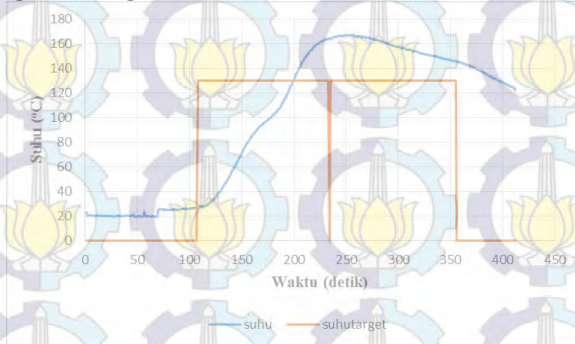


**Gambar 4. 33** Hasil pengujian 3 roti bakar

Pada pengujian 4.33 terlihat roti matang sempurna walaupun hanya menggunakan kontrol proporsional sekalipun dengan pengaturan suhu target 130°.

d. Pengujian 4 roti bakar

Pada pengujian 4 4uhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti) kemudian ditunggu 2 menit, dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 34** Grafik pengujian 4 roti bakar



**Gambar 4. 35** Hasil pengujian 4 roti bakar

Dengan pengaturan parameter suhu target dan waktu yang sama, pada pengujian ini terlihat juga roti matang sempurna dimana kontrol menggunakan kontrol proporsional integral, dapat disimpulkan untuk memasak roti bakar kontrol proporsional dengan kontrol proporsional integral tidak begitu mempengaruhi hasil makanan.

#### **4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan sop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan sop yang dimasak secara terkontrol. Pada sop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah  $120 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian sop kontrol suhu dicoba dibuat 5 kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada 5 tahap yakni ketika memanaskan air, memasukkan wortel, buncis, dan kentang, memasukkan buncis, memasukkan bahan sisa, dan memasukkan bumbu. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

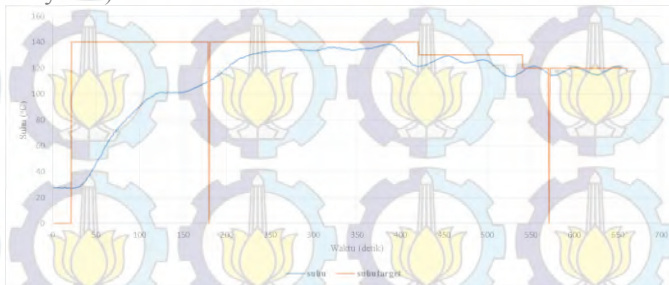


**Tabel 4. 6** Tabel pengujian sayur sop

NO	KONTROL SUHU					KONTROL WAKTU					Tester
	Suhutar get1	Suhutar get2	Suhutar get3	Suhutar get4	Suhutar get5	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Waktu5	
1	140	140	130	120	120	3'	4'	2'	30"	3' 30"	Kuncoro
2	140	140	130	120	120	3'	4'	3'	30"	4'	Kuncoro
3	140	140	-	120	120	3'	5'	-	30"	3'	Mbak Vita

a. Pengujian 1 sayur sop

Pada pengujian 1 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



**Gambar 4. 36** Grafik Pengujian 1 Sayur Sop



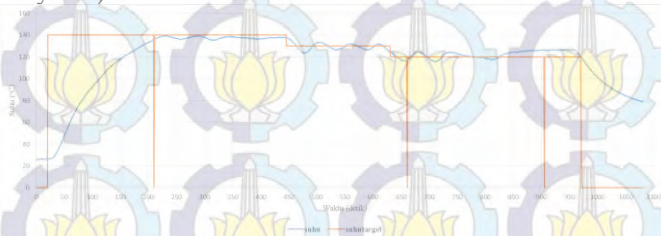
**Gambar 4. 37** Hasil Pengujian 1 Sayur Sop



Pada pengujian 1 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis masih sedikit keras dan kurang matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang.

b. Pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



**Gambar 4. 38** Grafik pengujian 2 sayur sop



**Gambar 4. 39** Hasil pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang. Pada pengujian 2 waktu untuk memasak buncis ditambah menjadi 3 menit dari yang sebelumnya 2 menit, kemudian untuk lama mengaduk sayuran juga ditambah 30 detik.

#### 4.4 Evaluasi Sistem

Setelah dilakukan beberapa pengujian memasak resep masakan terdapat beberapa evaluasi sistem yang perlu untuk diperbaiki dan dikembangkan lagi diantaranya adalah:

1. Pada awalnya pemasak dibuat harus menekan tombol 'NEXT' ketika sedang memasak, sehingga berdasarkan testimoni beberapa penguji hal tersebut merepotkan memasak, sehingga dibuatlah sistem ketika penguji sudah mulai memasak, penguji tidak perlu menekan tombol lagi dan hanya mengikuti instruksi dari LCD.
2. Setiap penguji yang baru pertama kali memasak harus dijelaskan dahulu cara kerja alat dan fungsi dari masing-masing tombol.
3. Kabel termokopel yang melekat pada gagang teflon mengganggu kenyamanan pemasak, dan terkadang ada aliran listrik statis yang membuat kaget pemasak.

Karena termokopel sudah melekat pada satu teflon sehingga teflon yang digunakan adalah teflon yang sudah terpasang termokopel dan tidak bisa diganti lagi.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.
3. Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.



## 5.2 Saran

Adapun untuk perbaikan dan pengembangan alat kedepannya diantaranya adalah:

1. Dibutuhkan pengemasan alat yang lebih praktis dan tidak mengganggu kegiatan memasak, dikarenakan peletakan termokopel yang menempel pada panci teflon cukup mengganggu orang yang memasak, sehingga dibutuhkan modul atau sensor suhu lain yang lebih praktis.
2. Rangkaian yang masih dalam bentuk PCB *board* perlu dikemas menjadi lebih rapi lagi agar pemasak lebih nyaman digunakan.
3. Catu daya mikrokontroller, servo, dan pemanitik listrik yang masih terpisah perlu diintegrasikan agar lebih praktis.
4. Resep masakan yang masih sedikit dan sederhana perlu ditambah lagi agar kompor lebih multifungsi.

Penggunaan mikrokontroller Arduino memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas yakni sebesar 32 Kbyte saja, maka dari itu perlu untuk dicoba menggunakan mikrokontroller lain yang memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Cara Memasak Wortel,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Wortel>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [2] B. Li and J. Lei, “Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller,” in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 342–344.
- [3] “MAKALAH TERMOCOUPLE,” *rikadiantoro*. .
- [4] “Cara Memasak Kentang,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kentang>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [5] R. Diantoro, “Makalah Termokopel,” <https://rikadiantoro.wordpress.com>, Mar. 2014.
- [6] A. Parluhutan Bonor Sinaga, *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Autonomous Car-Following Car*. Teknik Elektro FTI ITS, 2014.
- [7] “Revised Thermocouple Reference Tables Type K.” [omega.co.uk](http://omega.co.uk).
- [8] H. Avrilyantama, *Pengembangan Robot Hexapod Untuk Melacak Sumber Gas*. Surabaya: Teknik Elektro FTI ITS, 2015.
- [9] M. Integrated, “MAX6675-Cold Junction Compensated K-Thermocouple to Digital Converter.” [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com), 2014.
- [10] Syahrul, *Karakteristik dan Pengontrolan Motor Servo*. Bandung: Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia, 2006.
- [11] M. Banzi, “Getting Started with Arduino,” *OReilly Media Inc*, 2011.
- [12] A. Yahya, *Merawat & Memperbaiki Kompor Gas*. Niaga Swadaya.
- [13] D. Wilcher, *Learn Electronics with Arduino*. Apress, 2012.
- [14] Smith Rd., “Water MSDS.” [Sciencelab.com](http://Sciencelab.com), Inc, 21-May-2013.
- [15] M. Al-Nuri, “Air,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.
- [16] K. Jack, “.....Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni: Tugas makalah Pengolahan dan pemanfaatan minyak kelapa murni,” .....*Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni*. .
- [17] M. Al-Nuri, “Minyak Goreng,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.

- 
- [18] Smith Rd., "MSDS Palm Oil." Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [19] Brian R Copeland, "The Design of PID Controller Using Ziegler Nichols Tuning," Mar. 2008.
- [20] "Cara Memasak Buncis Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Buncis-Segar>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [21] "Cara Memasak Kembang Kol Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kembang-Kol-Segar>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [22] "Cara Memasak Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [23] "Cara Merebus Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Merebus-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [24] "Cara Membuat Sup Sayuran," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Sayuran>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [25] "Cara Membuat Sup Tomat," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Tomat>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [26] godam64, "Isi Kandungan Gizi Buncis - Komposisi Nutrisi Bahan Makanan - ILMU PENGETAHUAN."



## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.

Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

## LAMPIRAN

### *Source code* pada mikrokontroler Arduino Uno

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <max6675.h>
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>

//-----prosedur buat reset millis-----
//
extern volatile unsigned long timer0_millis;
unsigned long new_value = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4);
//RS(4), E(6), D4(7), D5(6), D6(5), D7(4)
Servo myservo; // create servo object to
control a servo

const int next = 2; //pin pushbutton next
const int back = 3; //pin pushbutton back
//-----inisialisasi
thermocouple_MAX6675-----//
int thermoDO = 8;
int thermoCS = 9;
int thermoCLK = 10;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS,
thermoDO);
int vccPin = 1;
int gndPin = 0;
uint8_t degree[8] =
{140,146,146,140,128,128,128,128};

String teks1;
String teks2;
String teks3;
int suhutarget = 0;
int pause;
int k = 0;
```

```

int m = 0;
int n = 0;
float error_0 = 0;
float error;
float error_t;
float Iout;
float Pout;
float pi;
float pos;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    myservo.attach(13); //pin data servo di
    Arduino
    myservo.write(40);
    lcd.begin(20,4); //lcd display 20x4
    lcd.createChar(0, degree);
    lcd.clear();
    pinMode(next, INPUT);
    pinMode(back, INPUT);
    pinMode(vccPin, OUTPUT);
    digitalWrite(vccPin, HIGH);
    pinMode(gndPin, OUTPUT);
    digitalWrite(gndPin, LOW);
    pinMode(A0, OUTPUT); //led indicator
    pinMode(A1, OUTPUT); //buzzer
    pinMode(A2, INPUT); //flame sensor
}

void loop()
{
    switch (n)
    {
        case 0 :
            menu(k);
            break;
        case 1 :
            telur(k);
    }
}

```



```

        break;
    case 2 :
        scallop(k);
        break;
    case 3 :
        roti(k);
        break;
    case 4 :
        sop(k);
        break;
    case 5 :
        manual(k);
        break;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(teks1);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(teks2);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(teks3);
nyala();

//-----membuat fungsi tombol next sbg
starting timer dan nextbutton-----//
if (pause == 0) //pause=0; fungsi next sbg
start timer 1 menit
{
    for (int j=0;j<30;j++)
    {
        rutin();
        for (int l=0;l<90;l++)
        {
            nyala();
            delay(10);
        }
        suhu();
    }
    k++;
}

```

```

    }
    else //pause=1; fungsi next sbg next button
    {
        rutin();
        for (int i=0;i<100;i++)
        {
            if (digitalRead(2)==HIGH) //tombol next
ditekan
            {
                while (digitalRead(2)==HIGH){}
                i=100;
                k++;
                pause=0;
            }
            nyala();
            delay(10);
        }
    }
}

//-----FUNGSI RESET MILLIS-----
//
void setMillis(unsigned long new_millis)
{
    uint8_t oldSREG = SREG;
    cli();
    timer0_millis = new_millis;
    SREG = oldSREG;
}

//-----TAMPILAN MENU UTAMA-----
//
void menu(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "TUGAS AKHIR";
            teks2 = "IMAM FITRIATNO";
    }
}

```

```

    teks3 = "BISMILLAH 112!";
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "SELAMAT DATANG";
    teks2 = "SILAHKAN PILIH";
    teks3 = "RESEP MASAKAN";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "> 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 3;
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = "> 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 4;
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = "> 3. Roti Bakar";
    m = 5;
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "> 4. Sayur sop";
    teks2 = " 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 6;
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = " 4. Sayur sop";

```



```

    teks2 = "> 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 7;
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 1. TELUR-----
-//
void telur(int menit)
{
    switch (menit)
    {
    case 0 :
        teks1 = "Selamat memasak";
        teks2 = "Telur Ceplok";
        teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
        pause = 1;
    break;
    case 1 :
        teks1 = "1-Siapkan:";
        teks2 = "minyak/margarin,";
        teks3 = "dan telur";
        pause = 1;
    break;
    case 2 :
        teks1 = "2-Tuang 1 sdm";
        teks2 = "margarin/minyak";
        teks3 = "ke dalam teflon";
        pause = 1;

```

```
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Nyalakan kompor";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Ratakan margarin";
    teks2 = "";
    teks3 = "tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 6 :
    teks1 = "5-Pecahkan telur";
    teks2 = "Tuang ke teflon";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 11 :
    teks1 = "6-Balik telur";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 1' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k=k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "telur jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
```

```

        k = k+1;
    break;
    case 17 :
        teks1 = "8-Tiriskan telur";
        teks2 = "Tekan 'OK'";
        teks3 = "Tekan 'NEXT'";
        suhutarget = 0;
        pause = 1;
    break;
    case 18 :
        teks1 = "tunggu...";
        teks2 = "";
        teks3 = "";
        k = 0;
        n = 0;
        setMillis(0);
        pause = 1;
    break;
}

//-----RESEP 2. SCALLOP IKAN-----
//-----//
void scallop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
    case 0 :
        teks1 = "Selamat memasak";
        teks2 = "Scallop Ikan";
        teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
        pause = 1;
    break;
    case 1 :
        teks1 = "1-Siapkan +/-200ml";
        teks2 = "minyak goreng, dan";
        teks3 = "2-5 Scallop ikan";
        pause = 1;
    break;

```



```

case 2 :
    teks1 = "2-Tuangkan minyak";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan          'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Tunggu minyak";
    teks2 = "panas,";
    teks3 = "Tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 5 :
    teks1 = "4-Masukkan scallop";
    teks2 = "ikan";
    teks3 = "Tunggu 4' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "5-Balik scallop";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 22 :
    teks1 = "6-Balik scallop";
    teks2 = "lagi";
    teks3 = "Tunggu 30 detik";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;

```

```

break;
case 24 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "scallop jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 25 :
    teks1 = "Tiriskan scallop";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 26 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 3. ROTI BAKAR-----
-----//
void roti(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat membakar";
            teks2 = "Roti bakar crispy";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";

```

```

    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "1-Siapkan 1 potong";
    teks2 = "roti tawar,margarin";
    teks3 = "& susu/mises";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "2-Oleskan margarin";
    teks2 = "secara merata pada";
    teks3 = "dua sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Taburkan mises";
    teks2 = "secara merata";
    teks3 = "pada 1 sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Lipat roti,";
    teks2 = "mises ada di";
    teks3 = "sisi dalam";
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "5-Letakkan roti";
    teks2 = "Nyalakan kompor:";
    teks3 = "Tekan 'OK'";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "6-Tunggu 2 menit";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    pause = 0;

```



```

break;
case 10 :
    teks1 = "7-Balik roti";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "8-Bolak-balik";
    teks2 = "roti jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 17 :
    teks1 = "Matikan kompor:";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 18 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

```
//-----RESEP 4. SAYUR SOP-----  
-----//
```

```
void sop(int menit)  
{  
    switch (menit)  
    {  
        case 0 :  
            teks1 = "Selamat memasak";  
            teks2 = "Sayur Sop";  
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 1 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 wortel +/- 1 ons,";  
            teks3 = "cuci, iris +/- 0.5 cm";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 2 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 kentang +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, potong kotak2";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 3 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 kol +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, iris tipis2";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 4 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 buncis +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, potong +/- 5 cm";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 5 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 daun bawang";
```

```

    teks3 = "cuci, iris tipis2";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "2 batang daun";
    teks3 = "seledri";
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "Air 300ml";
    teks3 = "atau secukupnya";
    pause = 1;
break;
case 8 :
    teks1 = "#bahan bumbu:";
    teks2 = "1 sdt garam &";
    teks3 = "2 sdm bumbu sop jadi";
    pause = 1;
break;
case 9 :
    teks1 = "JANGAN LUPA SEMUA";
    teks2 = "BAHAN DIPISAHKAN";
    teks3 = "MULAI MEMASAK >";
    pause = 1;
break;
case 10 :
    teks1 = "Tuang +/- 300 ml air";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 11 :
    teks1 = "Biarkan air mendidih";
    teks2 = "Tunggu 3 menit";
    teks3 = "";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);

```



```

break;
case 17 :
    teks1 = "Masukkan wortel";
    teks2 = "buncis, dan kentang";
    teks3 = "Tunggu 10 menit";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 38 :
    teks1 = "Masukkan bahan";
    teks2 = "yang tersisa";
    teks3 = "";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 40 :
    teks1 = "Masukkan bumbu,";
    teks2 = "garam. Aduk rata!";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 47 :
    teks1 = "Sop siap dihidangkan";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    buzzer();
    k = k+1;
    pause = 1;
break;
case 49 :
    teks1 = "tunggu...";

```

```

    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
    break;
}

//-----RESEP 5. Manual-----
--//
void manual(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Nyalakan kompor:";
            teks2 = "Tekan 'OK'";
            teks3 = "Tekan 'NEXT'";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "-->> API KECIL <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api besar";
            pause = 1;
            myservo.write(85);
            break;
        case 2 :
            teks1 = "-->> API BESAR <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api kecil";
            pause = 1;
            myservo.write(98);
            break;
        case 3 :
            teks1 = "tunggu";
            teks2 = "";

```

```

    teks3 = "";
    k = 1;
    pause = 1;
    break;
}
}

void suhu() //KONTROL PI
{
    float baca = thermocouple.readCelsius();
    //Kontrol Integratif
    error_0 = error;
    error = suhuTarget-baca;
    error_t = error + error_0;
    Iout = 0.0425*error_t; //Ki = 0.0425
    //Kontrol Proporsional
    Pout = error*2.55; //Kp = 2.55
    //Kontrol PI
    pi = Iout + Pout;
    pos = 84 + pi; //84 = posisi minimal servo
    if (pos > 95)
    {pos = 95;}
    else if (pos < 84)
    {pos = 84;}
    myservo.write(pos);
}

void nyala()
{
    if (digitalRead(3) == HIGH) //tombol back
    ditekan
    {
        while (digitalRead(3)==HIGH){}
        if (m == 1)
        {
            myservo.write(175); //real pos ignition
155
            delay(1000);
            myservo.write(84); //nyala api terkecil

```



```
        digitalWrite(A1, HIGH);  
        delay(500);  
    }  
    else if (m == 2)  
    {  
        myservo.write(40);  
        digitalWrite(A1, HIGH);  
        delay(500);  
        m = 0;  
    }  
    else if (m==3)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=1;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==4)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=2;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==5)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=3;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==6)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=4;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==7)
```

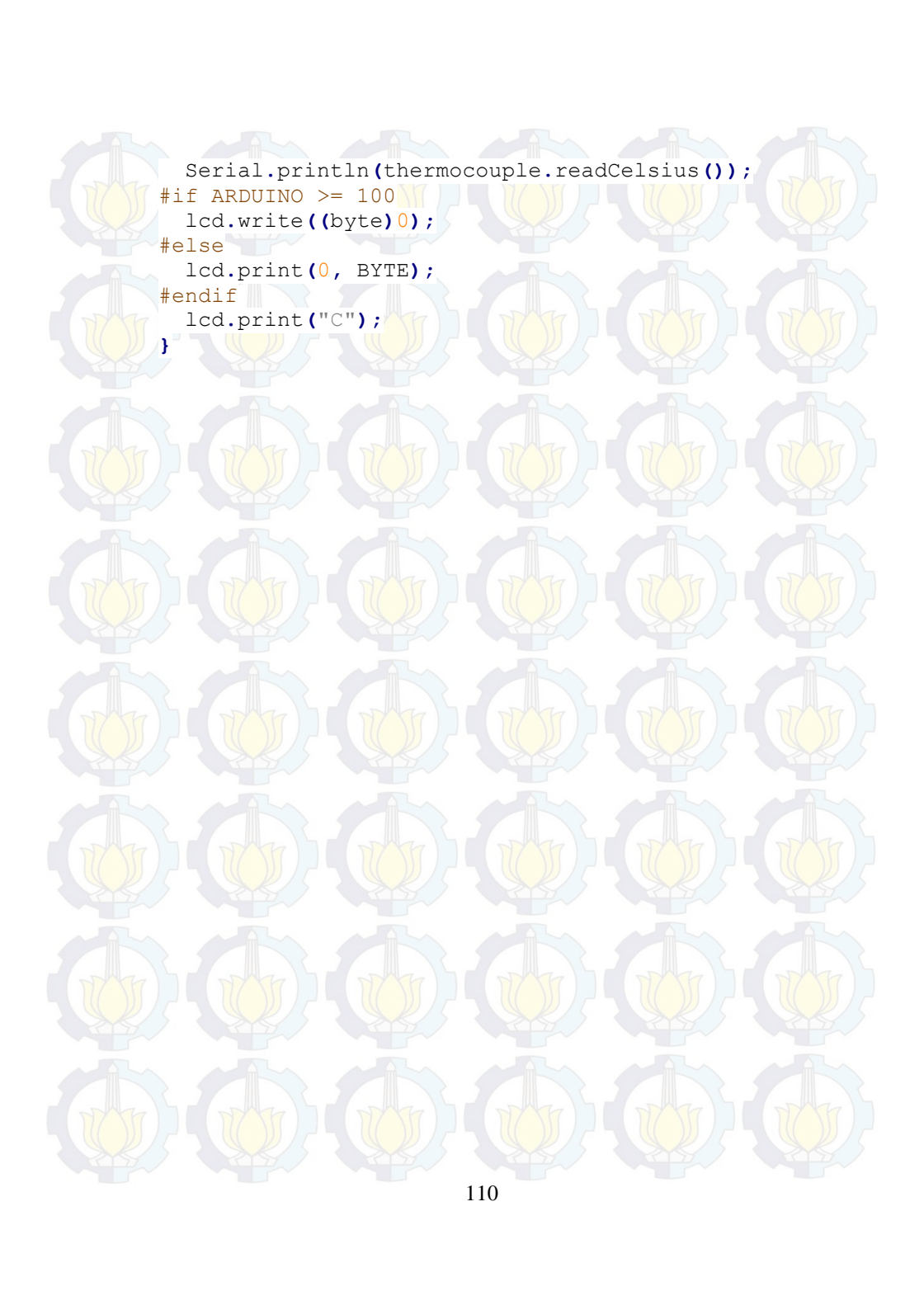
```

    {
        buzzer();
        k=0;
        n=5;
        m=0;
    }
    m = m+1;
}
else
{
    digitalWrite(A1, LOW);
}
}

void buzzer()
{
    digitalWrite(A1, HIGH); //buzzer
    delay(500);
    digitalWrite(A1, LOW);
}

void rutin()
{
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("                "); //blank
    space
    if (pause == 0)
    {
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print((millis()/1000)/60); //minute
        lcd.setCursor(2,3);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(3,3);
        lcd.print((millis()/1000)%60); //second
        lcd.setCursor(5,3);
        lcd.print(" ");
    }
    lcd.setCursor(12,3);
    lcd.print(thermocouple.readCelsius());

```



```
Serial.println(thermocouple.readCelsius());  
#if ARDUINO >= 100  
  lcd.write((byte)0);  
#else  
  lcd.print(0, BYTE);  
#endif  
  lcd.print("C");  
}
```



# **SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING GUIDE**

Imam Fitriatno  
2211100132

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.  
Supervisor II : Ir. Tasripan, MT.

## **Abstract:**

*Cooking is not as hard as it may look, as long as one knows the ingredients and how to prepare them. From the most fundamental process, such as boiling water, which only requires water to be heated until it boils, to more complex dishes such as vegetable soup, stews, stir-fry, et cetera. However, it is interesting that different people using the same ingredients can produce various results. Apparently the aforementioned problem is common in beginner cooks or those trying new recipes. The cause of such problem are that the beginners can't estimate the size of flame.*

*Therefore, this final project is an effort to resolve that issue. The existing stove system is redesigned with fixed temperature so that it's easier for the user to know their cooking temperature through the thermocouple. Temperature will be a reference for Arduino microcontroller in adjusting the flame through the servo motor, LCD display shows the step-by-step recipe, and a push-button will navigate user in choosing recipes. One of the recipes available in the system is a vegetable soup recipe. It takes 5 times of temperature and time adjustment, which is when the carrots, potatoes, and beans were poured, putting in the remaining ingredients, seasoning, and stirring the vegetables which overall takes approximately 15 minutes. In addition the temperature was adjusted between 120, 130 and 140 Celcius. The programmable temperature and menu of this stove had minimized the difficulties experienced so that cooking can be easier and efficient for all.*

**Keyword:** Microcontroller, stove, temperature sensor.

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terhitung kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

### **RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TEPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. dan Bapak Ir. Tasripan, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
3. Ibu dan Bapak yang telah memberi dukungan moril, nasehat, semangat, doa, dan materil. Jasamu tak kan terbayar dengan apapun, semoga anakmu ini bisa membalasnya suatu hari nanti.
4. Adikku Pipit yang juga menjadi motivasi utama dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Keluarga asisten Laboratorium Elektronika yang ikut membantu dan menemani dalam segala hal.
6. Teman-teman laboratorium B.402 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
7. Teman-teman satu angkatan 2011 reguler Elektro yang menjadi motivasi tersendiri dan teman berbagi cerita dalam suka maupun duka, dan terimakasih banyak atas semangat dan bantuannya dalam masak-memasak.
8. Keluarga kecil ITS EXPO 2014 dan keluarga besar ITS EXPO terima kasih banyak atas dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan selama ini.

9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

**Penulis**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
1.7 Relevansi .....	4
 BAB II DASAR TEORI .....	 5
2.1 Termokopel .....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel .....	5
2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel .....	7
2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu .....	7
2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel .....	7
2.1.5 Penggunaan Termokopel .....	9
2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel .....	10
2.2 Modul MAX6675 .....	10
2.2.1 Konfigurasi MAX6675 .....	14
2.2.2 Karakteristik MAX6675 .....	15
2.3 Arduino Uno R3 .....	17
2.4 Servo .....	19
2.4.1 Servo Towerpro MG996R .....	21
2.5 LCD Display .....	22
2.6 Kompor Portabel Winn Gass .....	23
2.7 Pemantik Kompor .....	24
2.8 Titik Didih Zat Cair .....	26

2.8.1 Air .....	27
2.8.2 Minyak Goreng .....	27
2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus .....	28
2.9.1 Wortel .....	28
2.9.2 Kentang .....	29
2.9.3 Buncis .....	30
2.9.4 Kembang Kol .....	31
2.9.5 Tomat .....	32
2.9.6 Brokoli .....	33
2.10 Kontrol Proporsional Integral .....	34
2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional .....	34
2.10.2 Teorema Kontrol Integral .....	35
2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral .....	36
2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral .....	37
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM</b> .....	39
3.1 Diagram Blok Sistem .....	39
3.2 Perancangan Perangkat Keras .....	40
3.3 Perancangan Elektrik Kompor .....	45
3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino .....	47
3.3.2 Rangkaian Arduino Shield .....	47
3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompor .....	48
3.5 Perencanaan Software pada Sistem .....	50
3.5.1 Proses Pembacaan Termokopel .....	51
3.5.2 Proses Scanning Pushbutton .....	52
3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral .....	53
<b>BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM</b> .....	55
4.1 Pengujian Perangkat Keras .....	55
4.1.1 Pengujian Sensor Termokopel .....	55
4.1.2 Pengujian PCB Board .....	57
4.1.3 Pengujian Motor Servo .....	58
4.1.4 Pengujian Nyala Kompor .....	59
4.1.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor .....	60
4.1.6 Pengujian Kontrol Sistem .....	61
4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor .....	65
4.3 Pengujian Memasak .....	66
4.3.1 Pengujian Memasak Telur .....	66
4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan .....	73
4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar .....	77

4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop .....	82
4.4 Evaluasi Sistem .....	85
BAB V PENUTUP .....	87
5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN.....	91
BIODATA PENULIS.....	111



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tabel referensi termokopel tipe K.....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel perbandingan metode .....	12
<b>Tabel 2. 3</b> Tabel keterangan pin MAX6675.....	14
<b>Tabel 2. 4</b> Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan) .....	15
<b>Tabel 2. 5</b> Spesifikasi Arduino Uno .....	18
<b>Tabel 2. 6</b> Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan) .....	19
<b>Tabel 2. 7</b> Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols.....	37
<b>Tabel 4. 1</b> Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk.....	60
<b>Tabel 4. 2</b> Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik.....	61
<b>Tabel 4. 3</b> Tabel pengujian telur .....	67
<b>Tabel 4. 4</b> Tabel pengujian scallop ikan.....	74
<b>Tabel 4. 5</b> Tabel pengujian roti bakar .....	77
<b>Tabel 4. 6</b> Tabel pengujian sayur sop.....	83

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Diagram blok perangkat keras.....	3
<b>Gambar 2. 1</b>	Prinsip kerja termokopel 1 .....	6
<b>Gambar 2. 2</b>	Prinsip kerja termokopel 2 .....	6
<b>Gambar 2. 3</b>	Tampilan termokopel tipe K.....	9
<b>Gambar 2. 4</b>	Konfigurasi pin MAX6675 .....	10
<b>Gambar 2. 5</b>	Modul MAX6675 .....	13
<b>Gambar 2. 6</b>	Pin konfigurasi MAX6675 .....	14
<b>Gambar 2. 7</b>	Aplikasi rangkaian MAX6675 .....	15
<b>Gambar 2. 8</b>	Karakteristik MAX6675 1 .....	16
<b>Gambar 2. 9</b>	Rangkaian MAX6675.....	17
<b>Gambar 2. 10</b>	Arduino Uno R3 .....	18
<b>Gambar 2. 11</b>	Motor servo .....	19
<b>Gambar 2. 12</b>	Metode pembangkitan motor servo 1 .....	20
<b>Gambar 2. 13</b>	Metode pembangkitan motor servo .....	21
<b>Gambar 2. 14</b>	Servo Towerpro MG996R.....	22
<b>Gambar 2. 15</b>	LCD <i>display</i> 20x4 .....	22
<b>Gambar 2. 16</b>	Kompas portable Winn gas .....	23
<b>Gambar 2. 17</b>	Tabung kaleng Winn gas .....	24
<b>Gambar 2. 18</b>	Pemantik tumbuk.....	25
<b>Gambar 2. 19</b>	Pemantik listrik kompor Winn gas .....	25
<b>Gambar 2. 20</b>	Pemantik api tumbuk eksternal .....	25
<b>Gambar 2. 21</b>	Pemantik api listrik eksternal .....	26
<b>Gambar 2. 22</b>	Rangkaian pemantik api listrik .....	26
<b>Gambar 2. 23</b>	Diagram blok kontroler proporsional .....	35
<b>Gambar 2. 24</b>	Diagram blok kontroler integral .....	36
<b>Gambar 2. 25</b>	Diagram blok kontroler proporsional integral .....	36
<b>Gambar 2. 26</b>	Metode Tuning Ziegler-Nichols .....	37
<b>Gambar 2. 27</b>	Reaksi sistem open loop ketika diberi input step....	37
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram blok sistem.....	39
<b>Gambar 3. 2</b>	Penempatan termokopel pada panci teflon.....	41
<b>Gambar 3. 3</b>	Instalasi servo pada katup kompor .....	41
<b>Gambar 3. 4</b>	Instalasi pemantik kompor .....	42
<b>Gambar 3. 5</b>	Rangkaian <i>limit switch</i> terbuka .....	43
<b>Gambar 3. 6</b>	Rangkaian <i>limit switch</i> tertutup .....	43
<b>Gambar 3. 7</b>	Instalasi <i>burner</i> pada tungku kompor.....	43
<b>Gambar 3. 8</b>	Kotak rangkaian pemantik listrik .....	44
<b>Gambar 3. 9</b>	PCB pemantik dan baterai .....	45

<b>Gambar 3. 10</b> Desain pemantik modifikasi .....	45
<b>Gambar 3. 11</b> Rangkaian catu daya 5 VDC .....	46
<b>Gambar 3. 12</b> Rangkaian Mikrokontroller Arduino .....	47
<b>Gambar 3. 13</b> Rangkaian Arduino Shield .....	48
<b>Gambar 3. 14</b> Tampilan <i>PCB</i> rangkaian elektronik .....	48
<b>Gambar 3. 15</b> Pengunci gas tabung .....	49
<b>Gambar 3. 16</b> Rangkaian pengaman sistem .....	50
<b>Gambar 3. 17</b> Tampilan <i>software</i> Arduino .....	51
<b>Gambar 3. 18</b> <i>Flowchart</i> pembacaan suhu .....	52
<b>Gambar 3. 19</b> <i>Flowchart scanning pushbutton</i> .....	53
<b>Gambar 3. 20</b> <i>Flowchart</i> kontrol proporsional .....	54
<b>Gambar 3. 21</b> Kontrol Proporsional Integral pada pada plant .....	54
<b>Gambar 4. 1</b> Termometer digital merek "apuhua 1300" .....	55
<b>Gambar 4. 2</b> Metode kalibrasi suhu .....	56
<b>Gambar 4. 3</b> Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel .....	56
<b>Gambar 4. 4</b> Tampilan utama <i>PCB board</i> .....	57
<b>Gambar 4. 5</b> Uji nyala kompor memakai pemantik listrik .....	61
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik pengujian kontrol proporsional .....	62
<b>Gambar 4. 7</b> Metode <i>Ziegler-Nichols</i> .....	62
<b>Gambar 4. 8</b> Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler- Nichols .....	64
<b>Gambar 4. 9</b> Pengujian kontrol proporsional metode <i>Ziegler- Nichols</i> .....	65
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik pengujian 1 memasak telur .....	67
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil pengujian 1 memasak telur .....	68
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik pengujian 2 masak telur .....	68
<b>Gambar 4. 13</b> Hasil pengujian 2 memasak telur .....	69
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik pengujian 3 masak telur .....	69
<b>Gambar 4. 15</b> Hasil pengujian 3 memasak telur .....	70
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik pengujian 4 memasak telur .....	70
<b>Gambar 4. 17</b> Hasil pengujian 4 memasak telur .....	71
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik pengujian 5 masak telur .....	71
<b>Gambar 4. 19</b> Hasil pengujian 5 memasak telur .....	72
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik pengujian 5 memasak telur .....	72
<b>Gambar 4. 21</b> Hasil pengujian 6 memasak telur .....	73
<b>Gambar 4. 22</b> Grafik pengujian 1 scallop ikan .....	74
<b>Gambar 4. 23</b> hasil pengujian 1 scallop ikan .....	75
<b>Gambar 4. 24</b> Grafik pengujian 2 scallop ikan .....	75
<b>Gambar 4. 25</b> Hasil pengujian 2 scallop ikan .....	76



<b>Gambar 4. 26</b>	Grafik pengujian 3 scallop ikan.....	76
<b>Gambar 4. 27</b>	Hasil pengujian 3 scallop ikan.....	77
<b>Gambar 4. 28</b>	Grafik pengujian 1 roti bakar .....	78
<b>Gambar 4. 29</b>	Hasil pengujian 1 roti bakar .....	79
<b>Gambar 4. 30</b>	Grafik pengujian 2 roti bakar .....	79
<b>Gambar 4. 31</b>	Hasil pengujian 2 roti bakar .....	80
<b>Gambar 4. 32</b>	Grafik pengujian 3 roti bakar .....	80
<b>Gambar 4. 33</b>	Hasil pengujian 3 roti bakar .....	81
<b>Gambar 4. 34</b>	Grafik pengujian 4 roti bakar .....	81
<b>Gambar 4. 35</b>	Hasil pengujian 4 roti bakar .....	82
<b>Gambar 4. 36</b>	Grafik Pengujian 1 Sayur Sop .....	83
<b>Gambar 4. 37</b>	Hasil Pengujian 1 Sayur Sop .....	83
<b>Gambar 4. 38</b>	Grafik pengujian 2 sayur sop.....	84
<b>Gambar 4. 39</b>	Hasil pengujian 2 sayur sop.....	84

## BIODATA PENULIS



**Imam Fitriatno**, lahir di Pati 12 April 1992. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Masyitoh, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN 01 Cebolak Kidul, setelah lulus SD tahun 2004 penulis melanjutkan ke MTS Raudlatul Ulum Guyangan, lulus SMP pada tahun 2008, penulis kemudian melanjutkan ke MA Raudlatul Ulum Guyangan. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi jenjang S1 program reguler di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan

Teknik Elektro bidang studi Teknik Elektronika. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email: [fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id](mailto:fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id).

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Beberapa kesalahan yang sering terjadi pada orang yang belajar memasak diantaranya adalah tidak membaca resep, membaca resep di awal memasak sangat penting agar pemasak tidak salah langkah dan mendapatkan hasil masakan yang diinginkan. Kesalahan yang kedua adalah tidak memanaskan panggangan atau panci, banyak pemula yang melewatkan langkah ini, langkah ini sangat penting untuk mendapatkan masakan dengan tingkat kematangan yang pas, dilain itu ketika memanaskan panci harus dengan sedikit minyak atau margarin agar tidak lengket, memanaskannya pun tidak boleh terlalu lama. Kesalahan yang ketiga adalah pemasak terus mengaduk masakan, pemula biasanya sangat gemar mengaduk-aduk masakan, bahkan berulang kali membolak-balik makanan yang sedang digoreng, padahal merupakan tindakan yang tidak perlu dan untuk menjaga terktur masakan diperlukan mengaduk masakan secukupnya saja. Kesalahan yang keempat adalah tidak mencicipi hasil masaknya, tentu saja pemasak tidak akan tahu apakah masaknya berhasil atau tidak apabila dia tidak mencicipi masaknya. Kesalahan lain yang biasanya dilakukan pemula adalah salah memilih peralatan memasak, memakai sayuran yang tidak segar, tidak menambahkan garam, mencampurkan segala komposisi dalam sekali langkah, pengaturan besar nyala api yang terlalu besar atau terlalu kecil, dan masih banyak lagi beberapa kesalahan pemula yang membuat masaknya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Maka dari itu dibutuhkan alat bantu yang bisa memandu pemula maupun profesional agar mereka tidak perlu bingung lagi dengan ukuran api kompor, khawatir masakan gosong, dan lupa resepnya. Kompor dengan fitur sensor termokopel, suhu dapat diketahui secara *real time* melalui mikrokontroller Arduino, dan juga dapat mengatur nyala api secara otomatis melalui pergerakan servo. Adanya fitur LCD *display* membuat pemasak dapat melihat suhu panci, waktu memasak, dan resep-resep makanan yang sudah disediakan.



## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengambil data suhu panci?
2. Bagaimana mengatur besar api dengan servo?
3. Bagaimana sistem kendali pada mikrokontroller Arduino?
4. Bagaimana fungsi dari *LCD display*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah kompor yang dapat mengontrol suhu panci secara otomatis, memandu pemasak dalam memasak melalui *LCD display*, dan *buzzer* sebagai alarm peringatan bagi pemasak. Sistem kompor dapat diwujudkan menggunakan mikrokontroller Arduino Uno sebagai sistem kontrolnya, sensor suhu menggunakan termokopel, servo sebagai pengatur nyala api, dan *LCD display* sebagai tampilan suhu, *database* resep dan pemandu pengguna. Manfaat dari tugas akhir ini adalah memandu pemasak agar dapat memasak makanan dengan nyaman dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Uno R3.
2. Sensor suhu yang digunakan adalah termokopel baut tipe K.
3. Pergerakan katup kompor menggunakan servo MG996R.
4. Tampilan display menggunakan *LCD display* 20x4.

## **1.5 Metodologi Penelitian**

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

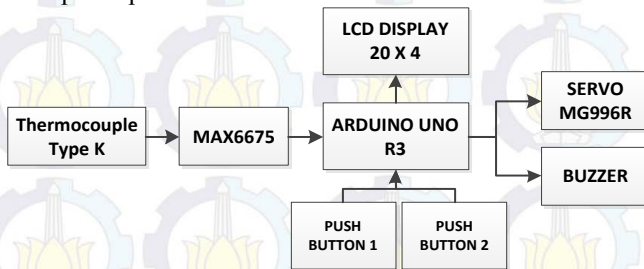
1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan sistem

Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

- a. Perancangan Perangkat Keras  
Dirancang sebuah perangkat keras berupa kompor gas portable dimana Arduino Uno sebagai controller utama yang terhubung dengan termokopel yang ditempelkan pada panci, *servo* yang terpasang pada katup kompor, *LCD display*, *buzzer*, dan led indicator yang terhubung satu *pcb* dengan shield Arduino Uno R3. *Servo* diletakkan sedemikian rupa sehingga derajat kerja *servo* dapat mengakses semua derajat katup kompor.



**Gambar 1. 1** Diagram blok perangkat keras

- b. Perancangan Elektrik Kompor  
Pada perancangan elektrik kompor meliputi perancangan rangkaian termokopel, rangkaian mikrokontroler Arduino, rangkaian Arduino *shield*. Setelah masing-masing komponen berfungsi kemudian rangkaian dihubungkan menjadi satu dimana Arduino sebagai pusatnya.
- c. Perancangan Sistem Keamanan Kompor  
Sistem keamanan dibuat agar alat lebih aman digunakan baik bagi pembuat alat maupun orang lain yang akan menggunakan alat.
- d. Perencanaan *Software* pada Sistem  
Perencanaan *software* dibuat dengan membuat *flowchart* masing-masing fungsi program, kemudian mengujinya satu persatu.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

## **Bab 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

## **Bab 2 : DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor suhu termokopel, kontrol servo, kontrol proporsional integral, dan pemantik listrik kompor gas, dan *LCD display* 20x4.

## **Bab 3: PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan perangkat lunak, perangkat keras, sistem mekanik, sistem elektrik, dan cara kerja sistem melalui tampilan *LCD display*. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

## **Bab 4 : PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM**

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan dan pembahasan hasil pengujian.

## **Bab 5 : PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

### **1.7 Relevansi**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat panduan orang yang belajar memasak.
2. Memudahkan orang dalam memasak, karena tidak perlu lagi mengontrol besar nyala api sehingga bisa fokus pada langkah-langkah resep.

Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$ .

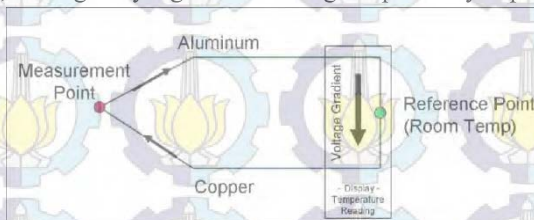
#### 2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia, Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik, gejala ini disebut termoelektrik atau efek *Seebeck*. Termokopel merupakan suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam ada perbedaan temperatur maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Konduktor akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur obyek. Perbedaan tegangan berkisar antara 1 sampai dengan 70 mikrovolt tiap derajat celsius.

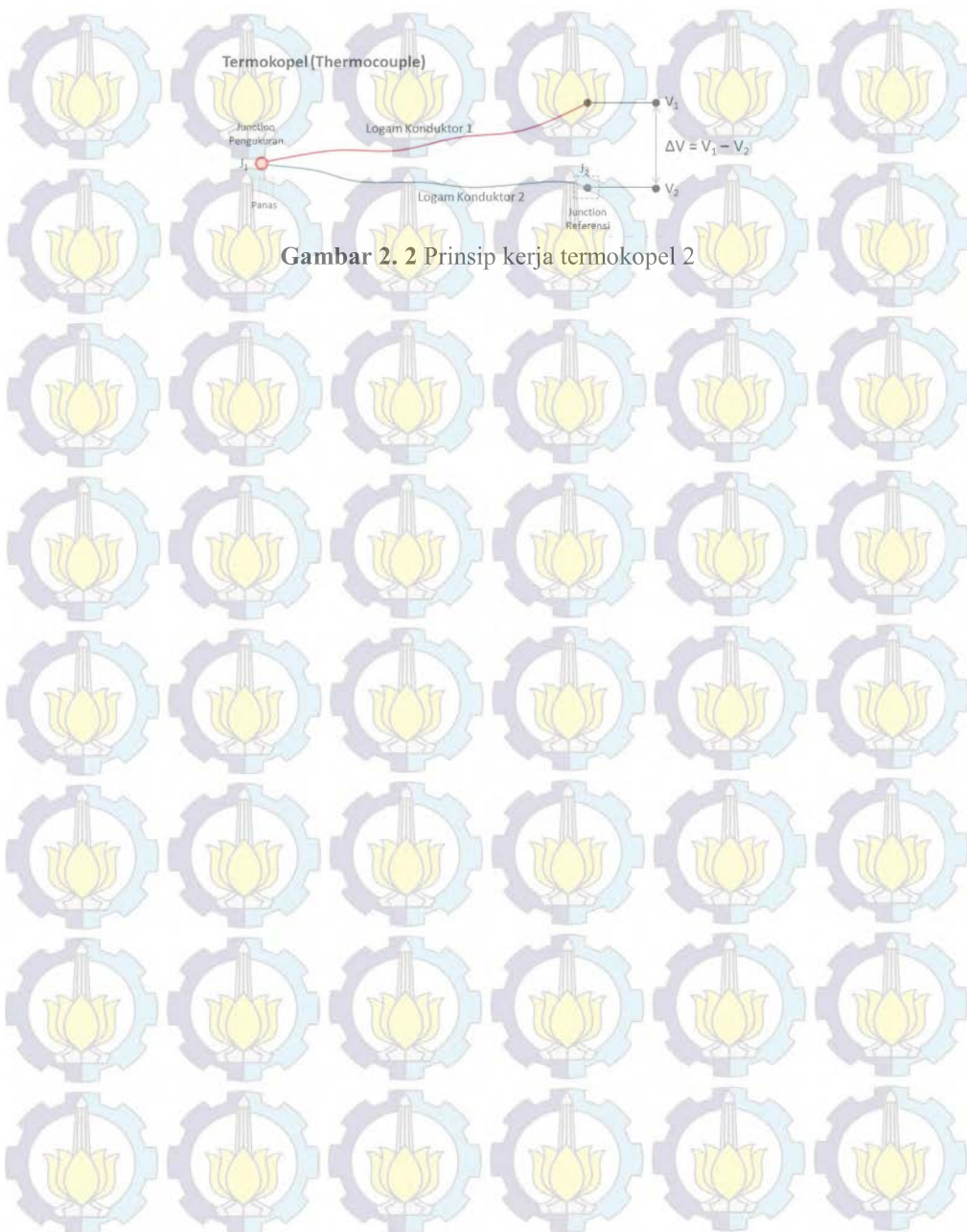
Untuk membuat temperatur obyek dapat terukur, salah satu dari 2 konduktor dijaga suhunya dan digunakan sebagai temperatur referensi, biasanya temperatur disamakan dengan suhu ruangan, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan obyek pengukuran. Untuk memahami bagaimana sebuah sambungan logam pada termokopel dapat menimbulkan tegangan listrik dapat ditinjau dari sisi pergerakan atom-atom logam yang digunakan pada termokopel. Suatu logam apabila dipanaskan akan mengalami pemuaian, baik memuai panjang maupun memuai lebar (volume). Pemuaian ini

diakibatkan oleh pergerakan atom-atom atau elektron dari suhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah, pergerakan ini banyak sedikitnya atau cepat lambatnya tergantung pada bahan logam itu sendiri, artinya logam satu dengan satu dengan logam lainnya memiliki kecepatan muai yang berbeda-beda. Hal ini dapat diamati pada bimetal (dua keping logam yang disambungkan) ketika bimetal dipanaskan maka yang tadinya lurus akan membengkok ke arah logam yang pemuaianya lebih lambat. Jadi, pada logam termokopel yang berbeda jenis akan memiliki kecepatan alir elektron yang berbeda pula. Hal inilah yang kemudian menyebabkan perbedaan potential di ujung-ujung logam tersebut, dimana telah dihubungkan ke alat arus listrik sehingga timbul tegangan listrik di ujung-ujung logam tersebut. Termokopel banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah.

Termokopel merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu yang pada umumnya sebagai termometer digital, karena termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversianya dapat secara digital. Pada banyak aplikasi salah satu sambungan-sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedangkan yang lain dihubungkan pada obyek pengukuran.



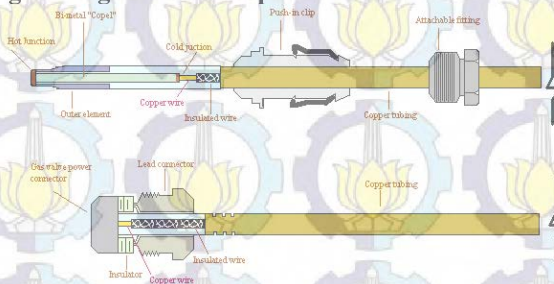
**Gambar 2. 1** Prinsip kerja termokopel 1



Gambar 2. 2 Prinsip kerja termokopel 2



### 2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel



**Gambar 2.3** Bagian-bagian termokopel

Adapun bagian-bagian utama termokopel terdiri dari *jack* yang menghubungkan antara termokopel dengan kabel termokopel dan *stick* yang terdiri dari dua buah logam sebagai variabel pendeteksi suhu.

### 2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu

Hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan yang dihasilkan termokopel bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi interpolasi polinomial. Secara matematis perubahan tegangan dapat ditunjukkan dengan rumus:

$$V = \alpha (T_1 - T_{ref}) \quad (2.1)$$

Keterangan:

$V$  = Tegangan terukur

$\alpha$  = Koefisien *seebeck*

$T_1$  = Suhu terukur

$T_{ref}$  = Suhu referensi

Dimana koefisien *seebeck* didapatkan berdasarkan tipe dari termokopel.

### 2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor

yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional:

1. Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*)  
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif adalah *Nickel-Aluminium*. Termokopel tipe K paling sering digunakan karena lebih murah, tersedia untuk rentang suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*)  
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Tipe E memiliki output yang besar ( $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik. Tersedia untuk rentang suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Tipe J (*Iron / Constantan*)  
Bahan logam konduktor positif besi, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Rentangnya terbatas ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) membuatnya jarang dipakai dibandingkan tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar  $\sim 52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .
4. Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*)  
Bahan logam konduktor positif *Nicrosil*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Nisil*. Termokopel tipe N memiliki sifat yang stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Tersedia untuk rentang suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sensitivitasnya sekitar  $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  pada  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.
5. Tipe B (*Platinum-Rhodium / Pt-Rh*)  
Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitivitasnya rendah (sekitar  $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ( $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).  
Termokopel tipe B cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tipe B memberi output yang sama pada suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$  sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
6. Tipe R (*Platinum / Platinum dengan 7% Rhodium*)

Termokopel tipe R cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1600^{\circ}\text{C}$ , sensitivitas rendah ( $10\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

7. Tipe S (*Platinum / Platinum* dengan 10% *Rhodium*)

Termokopel tipe S cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas  $1600^{\circ}\text{C}$ , sensitivitas rendah ( $10\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas ( $1064.43^{\circ}\text{C}$ ).

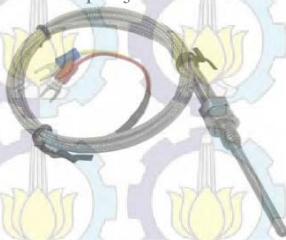
8. Tipe T (*Copper / Constantan*)

Termokopel tipe T cocok untuk pengukuran antara  $-200$  to  $350^{\circ}\text{C}$ . Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari *Constantan*. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitivitas  $\sim 43\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

9. Tipe U (kompensasi tipe S dan tipe R)

Bahan logam konduktor positif *Copper* (tembaga), sedangkan bahan logam konduktor negatif *Copper-Nickel*. Tersedia untuk rentang suhu  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1450^{\circ}\text{C}$  [1].

Sedangkan pada tugas akhir kali ini termokopel yang digunakan adalah termokopel jenis K.



**Gambar 2. 3** Tampilan termokopel tipe K

### 2.1.5 Penggunaan Termokopel

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga  $2300^{\circ}\text{C}$ . Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu  $0$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dengan keakuratan  $0.1^{\circ}\text{C}$ , untuk rentang suhu tersebut Termistor dan RTD lebih cocok. Adapun contoh penggunaan termokopel yang



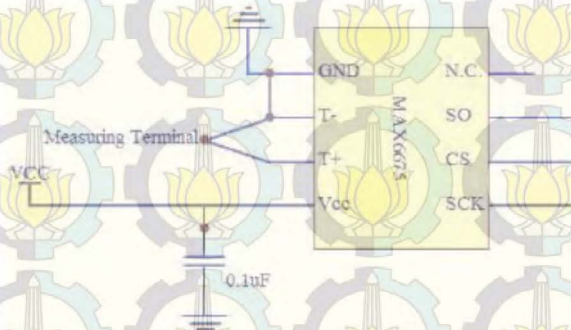
sering dipakai adalah pada industri besi dan baja, pengaman pada alat-alat pemanas, *termopile* sensor radiasi, dan pembangkit listrik tenaga panas radioisotop yang merupakan salah satu aplikasi isotop.

### 2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel

Kelebihan dan termokopel adalah rentang suhu yang diukur, jadi termokopel mampu mengukur suhu yang sangat tinggi yakni 1800 °C dan juga suhu sangat rendah 200 °C. Namun kelemahannya termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer karena termokopel tidak dapat dikalibrasi, sehingga ketika termokopel dinyalakan langsung membaca suhu ruangan.

### 2.2 Modul MAX6675

MAX6675 merupakan rangkaian kompensasi termokopel dan juga berfungsi mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Data output dalam resolusi 12 bit, Serial Pin Input (SPI *compatible*), dengan format data *read-only*. Kompensator ini memiliki ketelitian suhu mencapai 0,25 °C dan dapat membaca suhu mencapai 1024 °C, dan menunjukkan akurasi termokopel dari 8 LSBs (*Least significant bit*) untuk suhu mulai 0 °C hingga 700 °C.



**Gambar 2. 4** Konfigurasi pin MAX6675 [2]

Seperti pada gambar 2.4 kompensator MAX6675 menerima sinyal analog dari termokopel tipe K dan mengkonversi ke sinyal digital yang kemudian diproses didalam mikrokontroler. Termokopel tipe K

nanti membaca suhu mulai dari 0 °C hingga 1023.75 °C. Sedangkan data output dari MAX6675 adalah 12 bit, jadi nominal terkecilnya adalah 0 yang merupakan representasi dari 0 °C dan nilai digital terbesarnya adalah 4095 yang merupakan representasi dari 1023.75 °C. Jadi persamaan hubungan antara nilai digital dengan temperatur adalah:

$$\text{Temperatur} = 1023.75 \times \frac{\text{nilai digital}}{4095} \quad (2.2)$$

Seiring dengan meningkatnya suhu variasi perubahan tegangannya adalah tidak linier. Dengan menerapkan metode rumus 2.2 variasi perubahan tegangan yang tidak linier dapat dihindari terutama ketika sudah mencapai zona suhu tinggi. Ada juga metode lain berfungsi untuk mengoptimalkan pengolahan data dan memperoleh presisi tinggi, metode ini disebut tabel *Lookup*. Tegangan dari termokopel tipe K yang diperoleh dari nilai digital MAX6675 sesuai dengan hubungan yang disamakan ( $10.25 \mu\text{V/LSB}$ ) dapat ditentukan dalam interval suhu-tegangan secara pasti berdasarkan tabel referensi termokopel (tabel suhu-tegangan). Berdasarkan analisa data rata-rata sistem dapat memberikan nilai presisi yang cukup tinggi. Adapun tabel referensi termokopel tipe K adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 1** Tabel referensi termokopel tipe K [3]  
Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509

Berdasarkan tabel 2.1 prosedur dari metode kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai\_tegangan = Nilai\_digital/0.01025 mV/LSB
2. Nilai\_tegangan  $\in$  (Nilai\_tegangan<sub>i</sub>, Nilai\_tegangan<sub>j</sub>), dengan interval temperatur,

$$T \in (T_i, T_j), T_j = T_i + 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.3)$$

Nilai\_digital<sub>ij</sub> = Nilai\_tegangan<sub>j</sub> – Nilai\_tegangan<sub>i</sub>,  
Dalam interval perubahan temperatur ini, rasio perubahan tegangan per 0.1 °C adalah

$$R = \text{Nilai\_digital}_{ij} / 10; \quad (2.4)$$

Menentukan zona suhu:

$$T = T_i + (\text{Nilai\_tegangan} - \text{Nilai\_tegangan}_i) / R \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

Keterangan:

T = suhu aktual yang beluk diketahui (°C)

Nilai\_tegangan = tegangan dari suhu aktual (μV)

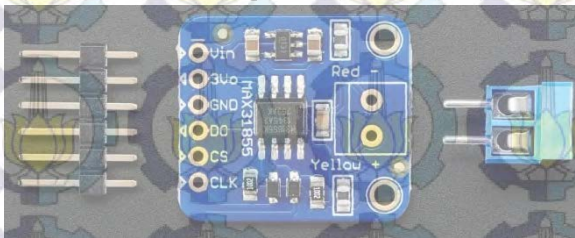
Sesuai dengan analisa rumus, adapun tiga lapisan perbandingan suhu antara antara rumus dengan tabel *Look-up* adalah:



**Tabel 2. 2** Tabel perbandingan metode [2]

Zone	Digital_value	Formula Temperature (°C)	Look-Up Table Temperature (°C)	Proportional error
Low	80	20	20.6	3%
	120	30	30.7	2.3%
	160	40	40.7	1.75%
	320	80	80.4	0.5%
Medium	800	200	201.6	0.8%
	960	240	242.3	1.15%
	1120	280	282.4	0.86%
	1200	300	302.2	0.73%
high	2700	675	665.5	1.41%
	2720	680	670.3	1.43%
	2760	690	680.0	1.45%
	2800	700	689.8	1.46%

Dengan cara mengetahui voltase eror proporsional, hal itu menunjukkan bahwa semakin tinggi atau rendahnya suatu suhu menunjukkan semakin besar perbedaan eror proporsional terjadi. Pada zona suhu rendah eror proporsional mencapai 3% sedangkan pada zona suhu tinggi hanya mencapai 1.4%. Rentang akurasi termokopel dari 8 LSB adalah 0 °C hingga 700 °C. MAX6675 juga tersedia dalam bentuk kecil, 8 pin SO (*small outline*) IC.



**Gambar 2. 5** Modul MAX6675  
(<http://www.adafruit.com/product/269>)

Aplikasi dari MAX6675 diantaranya adalah pada peralatan industri, peralatan rumah tangga, dan teknologi pendinginan dalam ruangan HVAC (*heating, ventilating, dan air conditioining*). Secara fitur-fitur dari MAX6675 adalah dapat mengkonversi digital secara langsung

dari output termokopel tipe K, kompensasi *cold junction, compatible serial interface*, data 12 bit dengan resolusi 0,25 °C, deteksi termokopel yang terbuka.

MAX6675 mengkonversi sinyal termokopel ke dalam bentuk voltase yang kompatibel dengan saluran inputan ADC. Pin input T+ dan T- dihubungkan dengan rangkaian internal untuk mengurangi gangguan dari kabel termokopel. Sebelum mengkonversi tegangan termokopel ke dalam persamaan nilai suhu, MAX6675 butuh untuk mengkompensasi perbedaan antara *cold-junction* dan referensi virtual 0 °C. Untuk termokopel tipe K perubahan tegangannya adalah 41µV/°C, dimana untuk mendekati karakteristik termokopel menggunakan persamaan rumus:

$$V_{out} = (41\mu V/^{\circ}C)5(T_R - T_{AMB}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

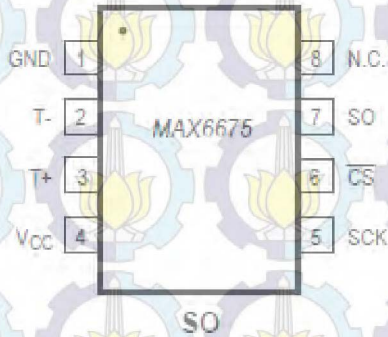
$V_{out}$  : tegangan output termokopel (µV)

$T_R$  : suhu dari *junction* termokopel

$T_{AMB}$  : suhu terukur

Akurasi dari modul MAX6675 rentan terhadap *noise* sumber tegangan, maka dari itu untuk mengurangi pengaruh *noise* sumber tegangan dikasih kapasitor keramik 0.1µF yang dekat dengan pin sumber tegangan. Dalam beberapa aplikasi pemanasan komponen MAX6675 sendiri mempengaruhi akurasi pengukuran suhu, besarnya kesalahan bergantung terhadap konduktivitas suhu dari MAX6675, dan efek udara dari luar juga pengaruh. Sedangkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu digunakan bidang *ground* yang besar atau luas. Sedangkan untuk mengurangi *Pick-Up noise* memakai penguat input berupa *low-noise amplifier* yang didesain untuk mendapatkan akurasi penginderaan input yang tinggi [4].

### 2.2.1 Konfigurasi MAX6675



**Gambar 2. 6** Pin konfigurasi MAX6675 [4]

Keterangan Pin:

**Tabel 2. 3** Tabel keterangan pin MAX6675

PIN	NAMA	FUNGSI
1	GND	Ground
2	T-	Alumel timbal termokopel tipe K, harus dihubungkan ke ground eksternal.
3	T+	Chromel timbal termokopel tipe K.



**Tabel 2. 4** Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)

4	V <sub>cc</sub>	Sumber tegangan positif, <i>bypass</i> dengan 0.1 $\mu$ F, kapasitor, dan GND.
5	SCK	<i>Serial Clock Input</i>
6	CS	<i>Chip select</i> , atur CS aktif low untuk mengaktifkan <i>serial interface</i> .
7	SO	<i>Serial data output</i>
8	N.C.	<i>No connection</i>

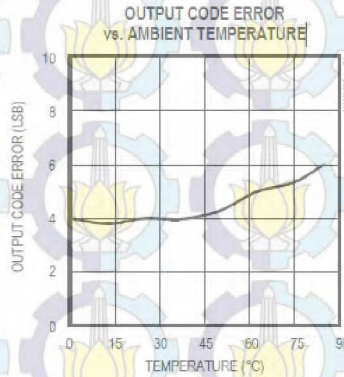


**Gambar 2. 7** Aplikasi rangkaian MAX6675 [4]

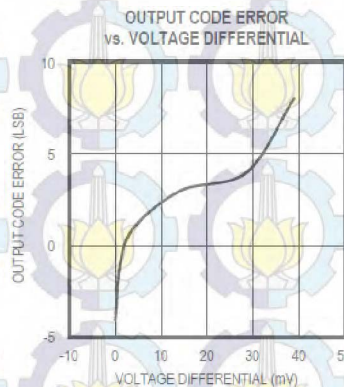
Modul MAX6675 memiliki dua pin input yakni T+ dan T- yang dihubungkan dengan ujung-ujung termokopel, dan 5 pin output yang mengeluarkan data digital pada mikrokontroler.

### 2.2.2 Karakteristik MAX6675

Adapun karakteristik modul MAX6675 adalah dimulai dari sumber tegangan, rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +6V. Sedangkan pin SO, SCK, CS, T-, T+ rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +0.3V, dan input arus pin SO adalah 50 mA. Dan karakteristik hubungan suhu dan perbedaan tegangan dengan error output adalah:



**Gambar 2. 8** Karakteristik MAX6675 1 [4]



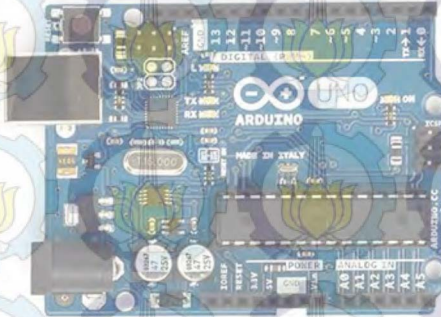
**Gambar 2.8** Karakteristik MAX6675 2 [4]

MAX6675 adalah sebuah modul kompensator termokopel tipe K yang didalamnya berupa rangkaian, adapun rangkaian modul MAX6675 adalah:



Arduino UNO adalah sebuah *miniboard* berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin input analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin output analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang digunakan untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan menggunakan *port* USB komputer, USB *charger*, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang direkomendasikan 9 Volt [5].



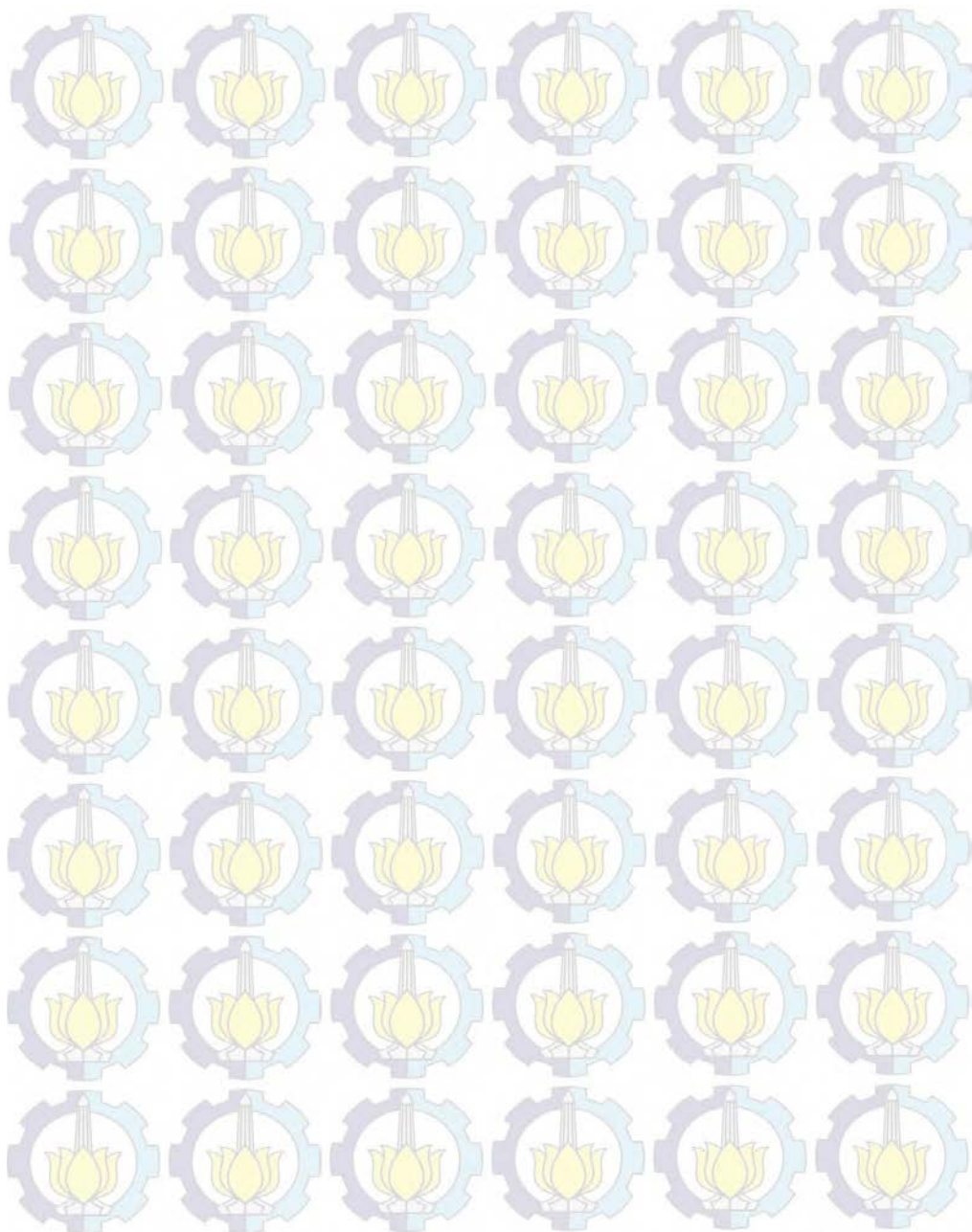


**Gambar 2. 10** Arduino Uno R3  
([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Ada banyak sekali jenis-jenis Arduino seperti Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, NG Rev. C, Nuova Generazione, USB, Arduino Serial, Mega, FIO, Lilypad, BT, Nano, dan Arduino Mini. Setiap jenis Arduino mempunyai fungsi dan aplikasi masing-masing, disini Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno R3 atau Arduino yang paling umum karena menggunakan perangkat komunikasi kabel USB yang kompatibel dengan laptop atau komputer. Adapun tabel spesifikasi mikrokontroller Arduino adalah:

**Tabel 2. 5** Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12V
<i>Input Voltage</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328)
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)



**Tabel 2. 6** Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)

EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

## 2.4 Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor tersebut. Penggunaan sistem kontrol rangkaian tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya posisi poros output akan disensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum maka kontrol akan mengirim sinyal kontrol untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.



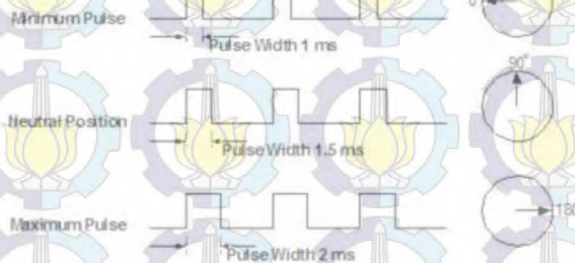
**Gambar 2. 11** Motor servo [6]

Terdapat 3 kabel yaitu *ground*, *Vcc*, dan *data*. Jenis motor servo adalah motor servo standar 180° dan motor servo *continuous*. Motor servo standar 180° mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°. Motor servo *continuous* mampu



bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara berkelanjutan). Ada beberapa aplikasi dari motor servo misalnya sebagai manipulator, penggerak kamera, lengan robot, dan lain-lain.

Pengendalian gerakan motor servo dapat dilakukan dengan metode pengaturan  $T_{on}$ . Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor servo. Semakin kecil  $T_{on}$ , maka semakin ke kiri posisi sudut. Semakin besar  $T_{on}$  semakin ke kanan posisi sudut. Berikut sistem sinyal pada motor servo dijelaskan pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2. 12** Metode pembangkitan motor servo 1 [6]

Pada gambar 2.12 pergerakan motor servo ke kanan atau ke kiri tergantung dari  $T_{on}$  yang diberikan. Jika  $T_{on}$  yang diberikan antara  $500 \mu s$  sampai  $600 \mu s$  sudut yang terbentuk antara  $0$  sampai  $10^\circ$ . Jika diberikan  $T_{on}$  antara  $1400 \mu s$  sampai dengan  $1600 \mu s$  sudut yang terbentuk antara  $90^\circ$ . Jika diberikan  $T_{on} > 2000$  sudut yang terbentuk  $> 120^\circ$ . Salah satu perbedaan utama antara motor servo dan motor *stepper* adalah bahwa motor servo dijalankan dengan menggunakan kontrol sehingga ketika servo bergerak, servo akan mengenali keadaan sebelumnya dan sekarang. Beda hal untuk motor *stepper*, motor ini tidak ada sensor posisi untuk bergerak.

Beberapa kelebihan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

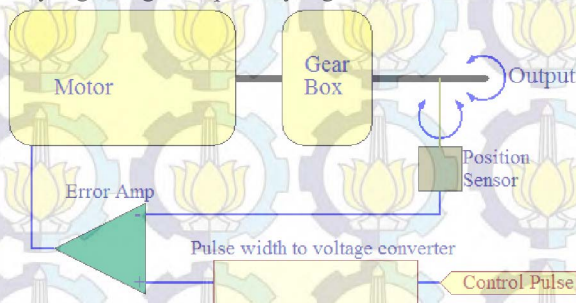
1. Torsi awal yang tinggi.

2. Torsi tinggi untuk *inertia ratio*.
3. Kecepatannya tinggi.
4. Bekerja baik untuk kontrol kecepatan.
5. Tersedia dalam banyak ukuran.
6. Tidak menimbulkan suara keras atau bising.

Sedangkan beberapa kekurangan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

1. Lebih mahal daripada motor *stepper*.
2. Tidak dapat bekerja dengan sistem *open loop*, dibutuhkan umpan balik.
3. Memerlukan penyesuaian parameter-parameter *control loop*.
4. Memerlukan pemeliharaan yang lebih karena adanya *brush* pada motor DC.

Motor servo terdiri dari beberapa bagian utama, yakni motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta rangkaian yang mengkode posisi yang diminta.

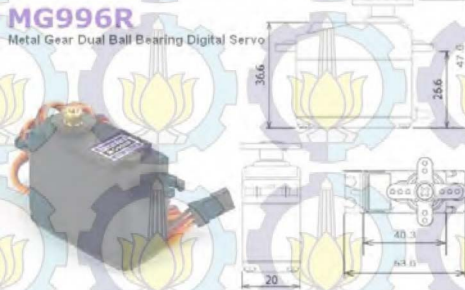


**Gambar 2. 13** Metode pembangkitan motor servo  
(<http://www.digitalnemesi.com/info/docs/rcservo>)

#### 2.4.1 Servo Towerpro MG996R

Servo tipe ini merupakan servo standar berkecepatan tinggi yang mampu berotasi kira-kira 120 derajat. Servo dapat diprogram menggunakan berbagai macam kode program, perangkat keras, maupun *library*. Arsitektur mekanik servo ini memakai dua piringan *gear* berbahan logam pada *gearbox*-nya. Memiliki berat 55 gram, dengan torsi 8.5 kg.cm pada catu daya 4,8 Volt, dan 10 kg.cm pada catu daya 6 Volt. Servo dapat beroperasi pada tegangan 4,5 – 7,2 Volt,

dan pada suhu  $0^{\circ} - 55^{\circ}$  C. Spesifikasi kabelnya untuk data pwm berwarna orange, Vcc berwarna merah, dan kabel *ground* berwarna cokelat.



**Gambar 2. 14** Servo Towerpro MG996R  
([www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com))

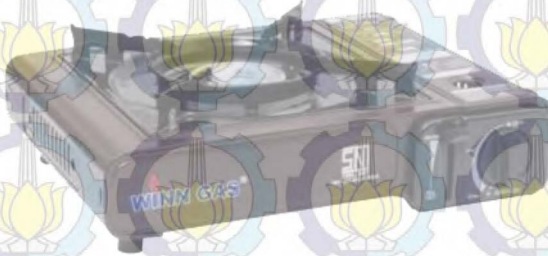
## 2.5 LCD Display

LCD adalah kepanjangan dari *liquid crystal display*, adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah banyak digunakan di berbagai bidang misalnya dalam perangkat elektronik misal televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dan sekarang ini LCD mendominasi jenis tampilan untuk komputer maupun laptop karena membutuhkan daya listrik yang rendah, bentuknya yang tipis, mengeluarkan sedikit panas, dan memiliki resolusi tinggi. Namun pada tugas akhir ini LCD yang dipakai adalah LCD standar yang dipakai paada praktikum dasar rangkaian listrik, dan hanya mempunyai satu warna, dengan dimensi piksel 20x4. Adapun spesifikasi LCD ini mempunyai 5x8 dot/piksel, sumber tegangan +5 Volt, 1/16 *duty cycle*, dan ada LED *backlight*.





Kompор adalah alat masak yang menghasilkan panas tinggi. Bahan bakarnya bermacam-macam, ada yang memakai kayu bakar, minyak tanah, LPG, dan listrik. Sedangkan yang paling sering digunakan adalah bahan bakar LPG yang banyak dijumpai di masyarakat. Kompор yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kompор portabel dengan bahan bakar LPG dalam kaleng. Untuk tugas akhir kali ini kompор yang digunakan adalah kompор portabel Winn gas, merupakan kompор dengan model 1 tungku. Selain dapat menggunakan tabung gas *butane*, kompор ini juga bisa menggunakan tabung gas Pertamina ukuran 3 kg atau 12 kg. Pemantik apinya memakai pemantik api korek dengan menggunakan teknologi Jepang yang sudah diatur agar mengeluarkan api biru dan sudah teruji dapat diklik lebih dari 50.000 kali. Kompор ini juga ada fitur pengunci bahan bakar untuk mengamankan ketika kompор sedang tidak dipakai. *Burner cap* terbuat dari kuningan sehingga awet dan tahan lama. *Burner* terbuat dari *stainless steel*, trivet plat dilapisi *enamel* menjadikannya bebas karat.



**Gambar 2. 16** Kompor portable Winn gas



**Gambar 2. 17** Tabung kaleng Winn gas

## **2.7 Pemantik Kompor**

Ada tiga jenis sumber daya penyalan api pada kompor gas, yaitu pemantik tumbuk, batu baterai, dan aliran listrik. Kelebihan kompor gas dengan penyalan api yang bersumber dari pemantik tumbuk, jadi tidak membutuhkan sumber dari luar, dan jika ada kerusakan pemantik bisa langsung diganti yang baru. Sedangkan kelebihan pemantik kompor gas yang penyalan apinya bersumber dari batu baterai atau listrik tidak menimbulkan suara berisik saat kompor dinyalakan. Namun jika kumparannya mengalami kerusakan, sulit untuk mencari gantinya dan harganya yang cukup mahal.

Perbedaan utama antara pemantik tumbuk dengan kumparan terletak pada cara menyalakan tungku kompor. Kompor yang menggunakan pemantik tumbuk menyala oleh sambaran api yang keluar dari pipa penyulut. Sedangkan kompor yang menggunakan kumparan langsung

menyala oleh loncatan listrik yang timbul dari jarum elektroda yang terletak dekat dengan tungku pembakar. Secara umum ada dua jenis kompor gas yang banyak dipakai masyarakat, yakni kompor gas meja dan kompor gas oven [7]. Sedangkan kompor yang dipakai pada tugas akhir ini adalah jenis kompor gas meja karena yang paling umum dan paling banyak digunakan. Adapun tampilan pemantik yang biasanya ditemui di pasaran adalah:



**Gambar 2. 18** Pemantik tumbuk [7]



**Gambar 2. 19** Pemantik listrik kompor Winn gas

Di lain sisi pemantik api juga ada yang tidak menyatu dengan kompor, yakni pemantik api serba guna. Jenisnya juga ada dua, yang menggunakan pemantik tumbuk dan menggunakan listrik.



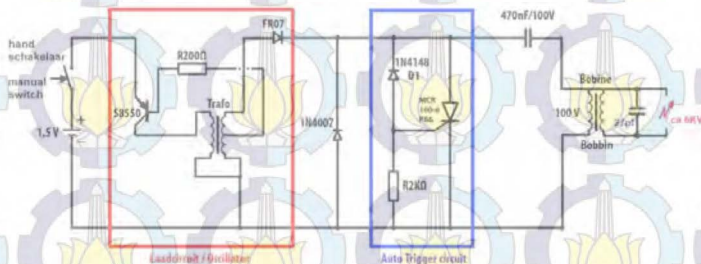


**Gambar 2. 20** Pemantik api tumbuk eksternal



**Gambar 2. 21** Pemantik api listrik eksternal  
([www.acehardware.com](http://www.acehardware.com))

Untuk pemantik listrik yang menggunakan baterai memiliki rangkaian yang terdiri dari komponen elektronik, adapun rangkaiannya adalah:



**Gambar 2. 22** Rangkaian pemantik api listrik

Pada rangkaian gambar 2.22 tegangan input yang dibutuhkan adalah 1,5 Volt dengan tegangan output kurang lebih sebesar 6000 Volt.

## 2.8 Titik Didih Zat Cair

Pada umumnya orang memasak media yang digunakan untuk memasak adalah air atau minyak untuk mematangkan masakan. Apabila mau memasak memakai salah satu bahan tersebut tentu saja harus mengetahui karakteristik dari zat cair tersebut, yang paling sederhana adalah titik didih dari minyak maupun air.

### **2.8.1 Air**

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna, dan bau yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimiawi  $H_2O$ . karena air merupakan suatu larutan yang hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu larut di dalamnya [8]. Air memiliki sifat mencair, membeku, dan menguap, dalam kondisi memasak, biasanya yang dibutuhkan adalah kondisi mendidih, yakni mendidih pada suhu  $100^{\circ}C$  [9].

### **2.8.2 Minyak Goreng**

Minyak masakan atau minyak kelapa adalah minyak atau lemak yang berasal dari pemurnian bagian tumbuhan, hewan, atau dibuat secara sintetis yang dimurnikan dan biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak masakan umumnya berbentuk cair dalam suhu kamar. Minyak masakan kebanyakan diperoleh dari tumbuhan, seperti kelapa, seralia, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng biasanya digunakan hingga 3 sampai 4 kali penggorengan, jika digunakan berulang kali, minyak akan berubah warna.

Saat penggorengan dilakukan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh. Minyak yang baik adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Setelah penggorengan berkali-kali asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh. Dengan demikian minyak tersebut dapat dikatakan telah rusak atau dapat disebut minyak jelantah. Penggunaan minyak berkali-kali akan membuat ikatan rangkap minyak teroksidasi membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, minyak yang seperti ini dikatakan telah rusak dan berbahaya bagi kesehatan. Suhu yang semakin tinggi dan semakin lama pemanasan, kadar asam lemak jenuh akan semakin naik. Minyak nabati dengan kadar asam lemak jenuh yang tinggi akan mengakibatkan makanan yang digoreng menjadi berbahaya bagi kesehatan. Minyak goreng pada umumnya berasal dari minyak kelapa



sawit, minyak kelapa dapat digunakan untuk menggoreng karena struktur minyaknya yang memiliki ikatan rangkap sehingga minyaknya termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil. Selain itu pada minyak kelapa terdapat asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis oleh tubuh. Asam lemak tersebut adalah asam palmitat, stearat, oleat, dan linoleat [10].

Berbeda dengan air, minyak goreng tidak mempunyai titik didih melainkan mempunyai titik leleh, yakni 35 °C. Masa jenis minyak lebih ringan dari pada air, apabila dibandingkan dengan spesifikasi gravitasi minyak adalah 0,952 sedangkan air 1, maka dari itu apabila minyak dan air dicampurkan minyak selalu berada di atas [11].

## **2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus**

Beberapa masakan membutuhkan pengaturan khusus untuk membuatnya matang, parameter yang diatur biasanya besar-kecilnya nyala api, lama memasak yang berhubungan dengan kematangan masakan. Hal ini tentu saja jarang dikuasai oleh orang yang belajar memasak dikarenakan hal tersebut membutuhkan pengalaman memasak memasak. Salah satu contoh masakan yang membutuhkan pengaturan khusus adalah memasak sayur. Dalam memasak sayur ada beberapa sayuran yang membutuhkan perlakuan khusus agar nantinya bisa matang sempurna. Adapun sayuran-sayuran yang sering dipakai sebagai bahan memasak dan membutuhkan pengaturan khusus adalah:

### **2.9.1 Wortel**

Wortel adalah sumber yang banyak mengandung karoten dan vitamin A. 100 g wortel segar mengandung sekitar 8285 mg beta karoten dan 16,706 IU vitamin A. Studi telah menemukan bahwa senyawa flavonoid dalam wortel membantu melindungi kulit, paru-paru, dan kanker rongga mulut. Wortel adalah sayuran dari umbi tanaman yang sudah lama menjadi bagian yang terpisahkan dari masakan. Walau warna oranye adalah warna wortel yang paling terkenal, warna wortel beragam dari ungu, putih dan kuning, juga beragam nuansa oranye.

Wortel memiliki kandungan vitamin A yang tinggi, walau proses memasak bisa merubah keberadaan vitamin ini. Berikut teknik memasak yang memastikan rasa manis alami wortel ditingkatkan.

- a. Bersihkan wortel, sebelum memasak wortel harus dibersihkan dengan disikat bukan dikupas.
- b. Memotong wortel dengan ukuran besar yang sama agar vitamin tidak banyak hilang dan matang merata.
- c. Untuk merebus wortel sebaiknya airnya dipanaskan dulu sampai mendidih setelah itu wortel baru dimasukkan.
- d. Masak hingga empuk tapi tidak sampai lunak, selama 10 sampai 15 menit.
- e. Membuat sup wortel dengan menambahkan 3,8 liter kaldu sayur atau ayam kemudian dididihkan di atas api kecil selama 30 menit [12].

### **2.9.2 Kentang**

Kentang adalah salah satu makanan sumber pati, vitamin, mineral dan serat. 100 gram kentang terdapat 70 kalori (namun hanya mengandung lemak yang sedikit, sekitar 0,1 gram per100 gram) dan kolesterol. Kentang adalah jenis sayuran yang sangat digemari karena serbaguna untuk memasak serta memiliki rasa dan tekstur yang lezat. Ada banyak cara untuk memasak kentang, persiapan yang matang akan memastikan rasa kentang terbaik.

- a. Merebus kentang dengan ukuran yang berbeda-beda membutuhkan waktu memasak yang berbeda-beda pula, misalnya untuk merebus kentang utuh membutuhkan waktu 40 menit, merebus kentang yang dibelah menjadi 2 sampai 4 bagian membutuhkan waktu 20 menit, merebus kentang dengan potongan dadu membutuhkan waktu 10 sampai 12 menit.
- b. Merebus kentang tanpa mengupasnya akan mempertahankan lebih banyak nutrisi daripada merebus kentang dengan mengupasnya.
- c. Rebus dengan sedikit air juga dapat mempertahankan nutrisi di dalam kentang.
- d. Sedangkan cara memasaknya adalah dengan mendidihkan air terlebih dahulu, kemudian kentang dimasukkan dan dikecilkan apinya.



- e. Air bekas merebus kentang dapat ditambahkan ke sup, kaldu, dan kaserol untuk meningkatkan kandungan gizi hidangan.
- f. Selain merebus, kentang juga dapat dimasak dengan mengukus, memanggang, dengan microwave, ditumbuk, semur, menggoreng, dan sebagainya. Cara memasak kentang yang berbeda-beda membutuhkan pengaturan yang berbeda-beda pula. Misalnya untuk mengukus kentang air harus direbus dulu selama 20 sampai 40 menit sampai uap dapat menembus kentang. Apabila mengukus atau memanggang dengan oven suhu oven diatur 200 °C kemudian ditunggu selama 1 jam. Begitu juga dengan variasi masakan lain yang memakai kentang [13].

### 2.9.3 Buncis

Buncis adalah bahan makanan nabati yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buncis mengandung energi sebesar 35 kilokalori, protein 2,4 gram, karbohidrat 7,7 gram, lemak 0,2 gram, kalsium 65 miligram, fosfor 44 miligram, dan zat besi 1 miligram. Selain itu di dalam Buncis juga terkandung vitamin A sebanyak 630 IU, vitamin B1 0,08 miligram dan vitamin C 19 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram buncis, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 90% [26]. Buncis adalah pelengkap hidangan bernutrisi yang tersedia sepanjang tahun. Sebelum memasak buncis, cucilah terlebih dulu dengan air bersih dan hilangkan ujung batangnya dengan pisau atau dipatahkan. Ada 3 cara dasar memasak buncis, yakni salad buncis, *casserole* buncis, dan buncis manis. Adapun cara memasak buncis adalah:

- a. Rebus air dengan api besar hingga mendidih, lalu masukkan buncis yang sudah dicuci dan dihilangkan ujungnya. Volume air cukup banyak hingga dapat merendam buncis.
- b. Ketika air sudah mendidih, kecilkan kompor, masukkan buncis biarkan buncis selama 4 menit hingga lunak. Kemudian buncis ditiriskan dan dapat dibumbui dengan garam dan lada.
- c. Metode lain dalam memasak buncis adalah dengan mengukus, mengukus buncis adalah cara terbaik dalam mempertahankan nilai nutrisi buncis. Sedangkan caranya adalah dengan mengisi panci dengan air setinggi 2,5 cm dan memasukkan wadah



- pengukus ke dalam panci. Kemudian air dididihkan dalam panci dan ditutup rapat, jika sudah mendidih buncis dimasukkan ke dalam pengukus dengan mengecilkan api kompor. Setelah dikukus buncis dimasak selama 2 menit dan diperiksa kematangan buncis apakah sudah lunak atau belum.
- d. Cara memasak buncis yang selanjutnya adalah membuat salad buncis, dengan menambahkan tomat, bawang bombai, dan keju feta, bahan diaduk yang dicampur dengan minyak zaitun, cuka, garam, dan lada. Salad buncis ini disajikan dalam keadaan dingin.
  - e. Apabila ingin membuat *casserole* buncis dibutuhkan 625 gram. Alat masak yang digunakan adalah oven diatur pada suhu 176 °C, *casserole* diolesi dengan mentega dicampur dengan tepung roti, keju parmesan, dan 1 sendok makan mentega di dalam mangkuk kecil. Kemudian untuk memasaknya bawang bombai dan adonan tadi ditumis kurang lebih selama 3 menit, kemudian ditambahkan jamur dan dimasak lagi hingga lunak selama 4 menit. Setelah jadi, adonan ditambah kaldu ayam yang dididihkan dalam api besar, dicampur dengan tepung maizena dan 60 ml air, kemudian ditunggu sampai kaldu mengental. Setelah masakan jadi semua bahan dituang ke dalam piringan *casserole* dan dimasukkan ke dalam oven.
  - f. Metode lain dalam memasak buncis adalah buncis manis. Caranya adalah dengan merebus air selama 15 menit, airnya dibuang dan buncis ditaburi dengan sedikit gula atau air gula dan diaduk rata. Salah satu cara untuk menjaga buncis tetap hijau cerah adalah ketika buncis sudah matang, buncis direndam dan disaring di dalam air es untuk menghentikan proses pematangan, hal ini juga dapat membantu menjaga nutrisi yang terkandung pada buncis [14]. Dan masih banyak cara lagi untuk memasak saur buncis.

#### **2.9.4 Kembang Kol**

Kembang kol atau bunga kol memiliki manfaat bagi kesehatan seperti, gangguan pencernaan, mencegah efek radiasi ultraviolet, diabetes, radang usus, degenerasi makula, obesitas dan hipertensi. Zat bersifat Antioksidan pada bunga kol membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh dan membantu mengurangi resiko *stroke*, kanker dan penyakit neurodegenerative. Kembang kol juga berguna untuk

menjaga kesehatan tulang, otak, keseimbangan elektrolit, menjaga kadar kolesterol, dan mencegah gangguan terhadap kardiovaskular. Kembang kol adalah sayuran keluarga kol dengan kuntum berwarna putih, ungu, hijau atau oranye dan berkepal besar. Rasanya ringan dan dapat digunakan sebagai pengganti brokoli atau kentang. Kembang kol segar cocok untuk dikukus, direbus, dilumat, dipanggang atau ditumis. Adapun untuk memilih bunga kol semakin cerah semakin baik, dan beberapa cara memasak kembang kol adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengukus kembang kol, perlu dididihkan sedikit air kemudian kembang kol dimasukkan selama 5 sampai 10 menit, atau bagian kuntum bunga kol dapat dikukus selama 15 menit.
- b. Untuk membuat kembang kol menjadi rebusan atau sup, masak kembang kol dalam air, biarkan mendidih selama 20 menit, untuk bagian kuntum dididihkan selama 5 sampai 10 menit. Langkah selanjutnya adalah meniriskan air, kemudian kol ditambahkan susu, mentega, dan bumbu. Kemudian kembang kol dilumat dengan pelumat kentang.
- c. Untuk memanggang kuntum bunga kol diperlukan pengaturan oven 204 °C, kemudian kembang kol bersama 1 sendok makan minyak zaitun, garam, merica, dan biji jintan. Kemudian campuran disusun ke dalam loyang dan dimasukkan ke oven selama 20 menit sampai berwarna coklat keemasan.

Kembang kol juga lezat jika dimasak ataupun dimakan mentah, untuk kembang kol mentah, kembang kol perlu dicuci dahulu dan dipecahkan bagian kuntumnya lalu disajikan dengan saus. Dalam memasak kembang kol tidak boleh terlalu matang karena akan kehilangan rasa dan nutrisinya [15].

### **2.9.5 Tomat**

Tomat merupakan buah sayur yang kaya akan vitamin A dan C dan asam folat, 3 buah nutrisi yang paling dibutuhkan setiap hari terutama untuk ketahanan tubuh. Salah satu cara mengonsumsi tomat yang enak tapi juga tidak kehilangan nutrisinya misalnya dengan membuat sup tomat, adalah makanan yang sehat, rendah kalori, serta cocok untuk dinikmati di hari yang dingin atau sedang hujan dan cocok



dijadikan teman makan sandwich keju. Sup tomat dapat dibuat dengan memanggang, merebus, kemudian menghaluskan tomat. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Panci diisi air setengah penuh kemudian dididihkan, kemudian tomat dipotong dengan pola “x”, kemudian tomat direbus dalam air mendidih selama 30 detik sampai warnanya pucat, kemudian tomat langsung diangkat dan didinginkan sebelum dipotong. Pada langkah ini tomat tidak boleh direbus terlalu lama, apabila terlalu lama akan membuat sari-sari tomat larut dengan air dan membuat rasa tomatnya hilang. Setelah tomat didinginkan tomat dikupas dan dipotong.
- b. Untuk memanggang sayuran, even dipanaskan sampai 350 °C. kemudian tomat, paprika, dan bawang dipotong ukuran sedang. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam mangkok, bawang putih dan timi ikut dicampurkan dalam sayuran tersebut, kemudian diaduk setelah dituang 2 sendok makan minyak. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam nampan panggang, kemudian dipanggang selama 30 menit. Setelah matang sayuran yang sudah dipanggang dimasukkan ke dalam panci, kemudian kuah sayur dimasukkan dalam panci, banyak sedikitnya kuah bisa tergantung selera pemasak apakah mau kuah encer atau kental. Kemudian sayuran dididihkan secara perlahan dan ditambah bumbu penyedap, kuah dipanaskan pada api sedang selama 30 menit. Langkah terakhir adalah menghaluskan sup ke dalam blender dan dihalurkan sampai halus merata [25].

#### **2.9.6 Brokoli**

Brokoli tidak hanya kaya akan gizi seperti vitamin C, asam folat, dan serat, tetapi juga mudah untuk dimasak dan bisa menjadi tambahan yang bergizi untuk setiap makanan. Ada banyak cara untuk memasak brokoli, mulai dari mengukus, menumis, memanggang, atau memblansing brokoli, brokoli adalah sayuran lezat yang terasa enak dimakan sendiri atau dicampur dengan bahan lain seperti berbagai macam daging atau sayuran lainnya. Adapun beberapa cara memasak brokoli adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum memasak brokoli, sayuran ini harus dicuci dahulu dengan mencuci dan membilas brokoli secara menyeluruh,



- kemudian batang utama brokoli dibuang karena lebih keras dan tidak enak jika dimasak.
- b. Untuk mengukus brokoli, panci diisi kurang lebih 5 cm air, tempat kukusan dimasukkan, panci ditutup, dan air dididihkan dengan menggunakan api sedang. Setelah air mendidih brokoli dimasukkan selama 3 samapi 5 menit tergantung banyaknya brokoli yang dikukus. Setelah masak tutup panci harus dibuka segera karena jika tidak brokoli akan terus termasak dan menjadi lembek dan basah.
  - c. Untuk memasak brokoli beku, brokoli dimasukkan ke dalam panci berisi air dengan ketinggian 5 sampai 7,5 cm air. Kemudian air bersama brokoli dipanaskan di atas api sedang hanya sampai air mulai mendidih. Kemudian air harus segera diangkat dari kompor [16].
  - d. Untuk merebus brokoli, panci besar diisi dengan air sebanyak 2/3 penuh. Kemudian panci diisi dengan air dingin, dimasukkan beberapa balok es. Kemudian kompor dinyalakan dengan api besar untuk mendidihkan air, setelah mendidih batang brokoli dimasukkan selama 2 menit, kemudian bunga brokoli dimasukkan selama 5 menit dan ditunggu hingga brokoli matang dan melunak. Setelah masak brokoli dimasukkan ke dalam air es yang sudah disiapkan, langkah ini agar brokoli berhenti dari proses perebusan dan membuat tekstur menjadi renyah. Kemudian brokoli ditiriskan dari air dan siap untuk dicampur dengan bumbu.

Merebus brokoli sangat baik bagi orang yang memiliki masalah pencernaan, karena proses perebusan dapat membuat lebih mudah untuk dicerna [17]. Adapun beberapa sayuran lainnya juga membutuhkan perlakuan khusus dalam memasak.

Salah satu masakan yang memakai beberapa bahan sayuran di atas adalah sayur sop yang nantinya akan diujikan pada bab 4, dalam memasak sayur sop wortel, kentang, dan buncis membutuhkan waktu lebih lama daripada bahan lain, sayurannya pun tidak dapat dimasukkan secara bersamaan karena memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda, sehingga dalam memasak sayur sop bahan harus dimasukkan satu persatu sesuai petunjuk resep. Dalam membuat sayur sop dibutuhkan kurang lebih 30 menit.

## 2.10 Kontrol Proporsional Integral

Sistem kontrol proporsional adalah jenis sistem kontrol umpan balik yang linier. Sistem kontrol proporsional lebih kompleks dari pada sistem kontrol *on-off*, namun sistemnya lebih sederhana dari pada sistem kontrol PID (Proporsional-Integral-Derivatif) yang biasanya digunakan dalam suatu sistem kontrol mobil. Prinsip kerja kontrol *on-off* akan bekerja dimana sistem secara keseluruhan memiliki respon waktu yang lambat, dan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil jika sistem yang dikontrol memiliki respon waktu yang cepat. Maka dari itu dibutuhkanlah kontrol proporsional ini, dimana sistem dapat mengatasi dengan modulasi output ke perangkat pengendali. Kebanyakan dari aplikasi penggunaan kontrol proporsional adalah pada pengaturan kecepatan motor seperti pada mobil, motor DC, dan lain-lain.

### 2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional

Dalam algoritma kontrol proporsional output sebanding dengan sinyal error, yang merupakan selisih antara set point dengan variabel proses. Dengan kata lain output dari controller proporsional adalah hasil perkalian dari sinyal error dan penguatan proporsional. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (2.7)$$

Pada rumus diatas  $e(t)$  menunjukkan sinyal error yang merupakan input controller, dan  $u(t)$  adalah output controller. Adapun bentuk rumus apabila dalam transformasi *laplace* adalah:

$$u(s) = Kp \cdot e(s) \quad (2.8)$$

Dimana  $Kp$  adalah konstanta proporsional sehingga fungsi alih kontroler proporsional adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \quad (2.9)$$

Adapun mekanisme sebenarnya dan apapun bentuk gaya operasinya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan suatu penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Blok diagram kontroler proporsional adalah sebagai berikut:



**Gambar 2. 23** Diagram blok kontroler proporsional [18]

### 2.10.2 Teorema Kontrol Integral

Pada kontrol integral terdapat sinyal error  $e(t)$  merupakan input controller, konstanta integral, dan output controller adalah sinyal kontrol  $u(t)$ . Perbedaan kontrol integral dengan proporsional adalah pada sinyal erornya, pada kontrol integral untuk mendapatkan sinyal error dibutuhkan error sekarang dan error sebelumnya, kemudian error dijumlahkan maka didapatkan  $e(t)$ . Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Ki \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2. 10)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = \frac{Ki}{s} E(s) \quad (2. 11)$$

Dimana  $Ki$  adalah konstanta yang dapat diubah-ubah, sehingga fungsi alih kontrol integral adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{Ki}{s} \quad (2. 12)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:



**Gambar 2. 24** Diagram blok kontroler integral [18]

### 2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral



Teorema kontrol proporsional integral adalah gabungan dari kontrol proporsional ditambah integral. Adapun hubungan antara kedua kontrol tersebut adalah:

$$u(t) = Kp \cdot \{e(t) + Ki \int_{t_0}^t e(t) dt\} \quad (2.13)$$

Dimana

$$Ki = \frac{1}{\tau_i} \quad (2.14)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$u(s) = Kp \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right) E(s) \quad (2.15)$$

Dimana  $Kp$  adalah penguatan proporsional dan  $\tau_i$  adalah waktu integral, dan parameter  $Kp$  dan  $\tau_i$  keduanya dapat ditentukan. Sehingga fungsi alih kontrol proporsional integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left\{1 + \frac{1}{\tau_i s}\right\} \quad (2.16)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:

$$E(s) \longrightarrow Kp\{1+(1/\tau_i s)\} \longrightarrow U(s)$$

**Gambar 2. 25** Diagram blok kontroler proporsional integral [18]

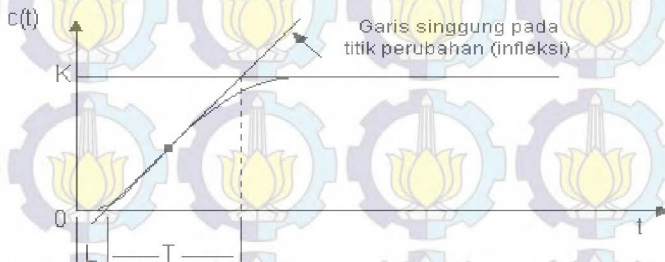
#### 2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral

Parameter kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) yang tidak dipilih dengan benar menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, output menyimpang atau terjadi osilasi. Metode tuning kontrol adalah pengaturan parameter kontrol pada nilai yang optimal untuk mendapatkan respon kontrol yang diinginkan disesuaikan dengan aplikasi.

Salah satu metode untuk memudahkan tuning adalah metode *Ziegler-Nichols* yang diperkenalkan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols. Metode ini yang pertama-tama dilakukan adalah memberikan input step pada sistem dengan kondisi *open loop*. Apabila plant minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun komponen-komponen yang kompleks, maka reaksi sistem akan berbentuk S. adapun gambarnya adalah:



**Gambar 2. 26** Metode Tuning Ziegler-Nichols



**Gambar 2. 27** Reaksi sistem open loop ketika diberi input step

**Tabel 2. 7** Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols

Tipe Kontrol	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$T/L$	$\sim$	-
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	-
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Setelah mendapatkan kurva reaksi berbentuk S, langkah selanjutnya adalah mencari gradien terbesar pada titik sepanjang kurva S, kemudian disebut titik infleksi sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.27. Dari titik infleksi tersebut ditarik garis yang menyinggung banyak titik pada kurva S serta memotong sumbu X

dan garis K, sehingga akan dihasilkan 2 konstanta yaitu konstanta L dan T. Konstanta L dan T ini akan digunakan untuk tuning kontrol yang akan digunakan sesuai kebutuhan sesuai yang ditunjukkan pada tabel [19].

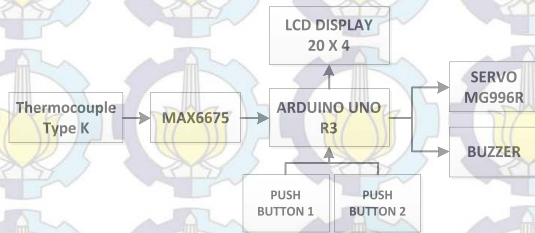


## BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem kompor yang sudah terprogram suhunya terdiri dari beberapa bagian, yakni perancangan mekanik, perancangan elektrik, perancangan perangkat lunak, perancangan *user interface*, dan perancangan sistem keamanan atau *emergency*-nya. Dalam perancangan semua sistem saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Secara garis besar sistem ini memandu orang yang memasak melalui tampilan LCD dan suhu sudah terkontrol sesuai resepnya melalui servo.

### 3.1 Diagram Blok Sistem

Untuk membuat sistem kompor dengan suhu terprogram ini membutuhkan kompor, gas LPG, panci teflon, sensor suhu termokopel, modul kompensasi termokopel MAX6675, servo, pemantik kompor, LCD display 20x4, buzzer, *pushbutton*, dan Arduino Uno.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Melalui pembacaan sensor suhu termokopel tipe K, suhu ditampilkan pada LCD *display*, selain hanya ditampilkan suhu nanti juga dikontrol melalui bukaan katup gas yang terhubung dengan servo. Sehingga pada servo nanti mempunyai posisi derajat minimal dan maksimal untuk mengatur berapa besar nyala api. Data ADC dari termokopel bisa langsung dibaca dalam bentuk keluaran suhu pada Arduino karena ada modul kompensasi MAX6675 yang merubah

data analog termokopel menjadi keluaran digital sehingga bisa langsung dibaca Arduino dan tidak perlu lagi mengkonversinya.

Setelah mengetahui suhu aktualnya, pertama-pertama memasak secara manual memakai kompor yang sudah dimodifikasi tersebut, dicatat dan diperoleh suhu dan waktu yang diperlukan untuk memasak satu resep masakan. Misal untuk memasak telur, berapa suhu panci yang diperlukan untuk memasukkan telur, waktu dan suhu yang diperlukan untuk membuat putih telurnya memutih, waktu yang diperlukan untuk membalik telur, dan waktu dan suhu yang diperlukan sampai telur matang. Sehingga dari data tersebut diperoleh total waktu dan rentang suhu kerja untuk memasak telur. Data tersebut nantinya akan dimasukkan ke sistem.

Fungsi utama lainnya adalah tampilan pada LCD *display* sebagai panduan memasak melalui perintah-perintah yang harus dilakukan tiap resepnya, sebagai monitor suhu, dan juga sebagai tampilan waktu tiap langkah. Selain itu ada 2 *pushbutton* yang digunakan untuk mengoperasikan LCD, ada tombol 'OK' yang berfungsi untuk memilih resep dan juga berfungsi untuk menyalakan dan mematikan kompor. Tombol satunya berfungsi sebagai 'NEXT' *button*. Tombol inilah yang berfungsi untuk menavigasi LCD menuju resep yang akan kita masak.

Dalam sistem Arduinonya terdapat fungsi kontrol berdasarkan input data dari termokopel, Arduino akan mengontrol servo yang bertugas mengatur besar nyala api, dan juga untuk menyalakan buzzer yang berfungsi sebagai pengingat atau peringatan pada sistem. Arduino juga membuat *timer* yang ditampilkan melalui LCD. Karena sistem ini menggunakan gas LPG yang mudah terbakar sehingga diperlukan pengaman apabila terjadi sesuatu, maka dari itu dalam sistem terdapat tombol RESET atau *emergency button* sehingga apabila terjadi suatu hal yang tidak diinginkan dengan memencet tombol reset, api bisa langsung mati dan sistem kembali ke kondisi awal.

### **3.2 Perancangan Perangkat Keras**

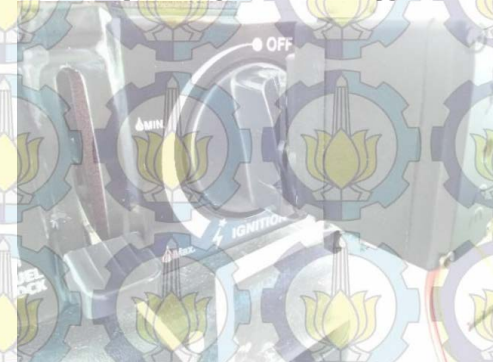
Pada perancangan kompor terprogram, komponen yang dibutuhkan pada tugas akhir ini adalah kompor portable merek Winn gas, panci teflon 22 cm merek Rinnai, gas tabung butana merek Winn gas. Dan komponen ataupun rangkaian elektronik penunjang agar membuat kompor menjadi otomatis adalah termokopel, MAX6675,

Arduino, *pushbutton*, LCD *display* 20x4, buzzer, dan servo seperti halnya yang dijelaskan di subbab sebelumnya. Adapun perancangan perangkat kerasnya adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 2** Penempatan termokopel pada panci teflon

Termokopel ditempelkan menggunakan perekat tambal panci pada sisi luar teflon sehingga bisa mewakili suhu yang ada di teflon. Termokopel diletakkan di luar panci agar tidak mengganggu masakan dan juga tidak mengotori masakan. Agar kabel termokopel tidak mengganggu pemasak dan melekat kuat pada teflon, sebagian kabel termokopel diikatkan pada lengan teflon menggunakan kabel *ties*.

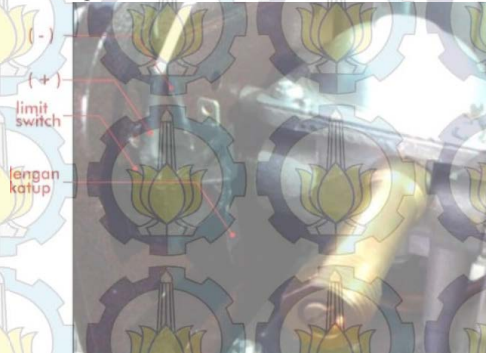


**Gambar 3. 3** Instalasi servo pada katup kompor

Posisi servo diletakkan tegak lurus dengan katup kompor karena derajat putar katup 160 derajat dan spesifikasi servo adalah 180



derajat. Dalam pemasangan posisi katup 0 derajat ditempelkan dengan posisi servo 0 derajat menggunakan lengan servo yang dibaut pada katup. Agar posisi servo tidak berubah dan tetap mempertahankan posisinya, tempat baut bagian bawah servo dihubungkan dengan akrilik tebal 5mm berbentuk L dikaitkan dengan bagian bawah kompor.



**Gambar 3. 4** Instalasi pemantik kompor

Model kompor Winn gas yang digunakan memiliki pemantik tumbuk, sehingga gambar 3.4 adalah modifikasi dari pemantik tumbuk yang biasa dipakai pada kompor tersebut. Pemantik diganti karena pemantik tumbuk untuk menyalakannya sangat keras dan membutuhkan gaya yang cukup besar untuk menyalakannya, apabila kompor dinyalakan secara manual atau menggunakan tangan hal ini tidak menjadi masalah, namun lain cerita apabila yang menekan pemantik adalah servo, dibutuhkan servo dengan torsi yang cukup besar dan perancangan lengan pancang badan servo yang kuat agar servo tidak goyah saat menekan pemantik. Pada awalnya penulis menggunakan pemantik tumbuk untuk menyalakan kompor, namun seiring percobaan yang berulang-ulang membuat struktur mekanik lengan pancang badan servo melemah sehingga servo tidak mampu lagi untuk menyalakan pemantik, maka dari itu pemantik diganti menggunakan pemantik listrik yang memakai baterai AA 1,5 Volt sebagai catu dayanya. Untuk menyalakannya digunakan limit switch sebagai saklar yang diletakkan sedemikian rupa dengan lengan katup sehingga akan menyala ketika katup diputar maksimal. Desain mekanik seperti yang terlihat pada gambar.

**Gambar 3.5** Rangkaian *limit switch* terbuka

**Gambar 3.6** Rangkaian *limit switch* tertutup

Pada gambar 3.6 terlihat apabila *limit switch* ditekan maka pemantik akan mengeluarkan percikan api yang digunakan untuk menyulut gas. Sedangkan penempatan tempat percikan apinya dekat dengan tungku tempat keluarnya gas, seperti pada gambar di bawah ini:

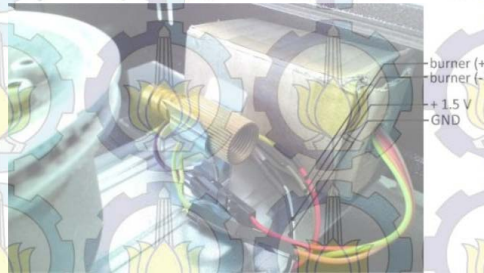


**Gambar 3.7** Instalasi *burner* pada tungku kompor

Seperti yang terlihat pada gambar 3.7, dalam pembuatan burner sedikit berbeda dengan burner pemantik tumbuk. Kalau pemantik tumbuk hanya membutuhkan satu ujung burner sedangkan pemantik listrik membutuhkan dua ujung burner, satu ujung sebagai *ground* dan

salah satu ujung sebagai kutub positif. Dalam pemasangannya ujung *burner* GND ditempelkan dengan badan tungku sedemikian rupa sehingga ujung GND selalu menempel pada badan tungku yang terbuat dari logam. Sedangkan ujung *burner* positif diletakkan sedemikian rupa sehingga berdekatan dengan badan tungku. Jarak antara kutub positif dengan badan tungku tidak bisa sembarangan, kalau terlalu jauh maka tidak akan terjadi percikan api, begitu juga sebaliknya, apabila terlalu dekat percikan api juga tidak terjadi, setelah dilakukan beberapa percobaan jarak kutub positif dengan kutub GND antara 3-5 mm. pada jarak tersebut apabila *limit switch* ditekan maka akan timbul percikan api yang nantinya dapat menyalakan api apabila katup gas terbuka.

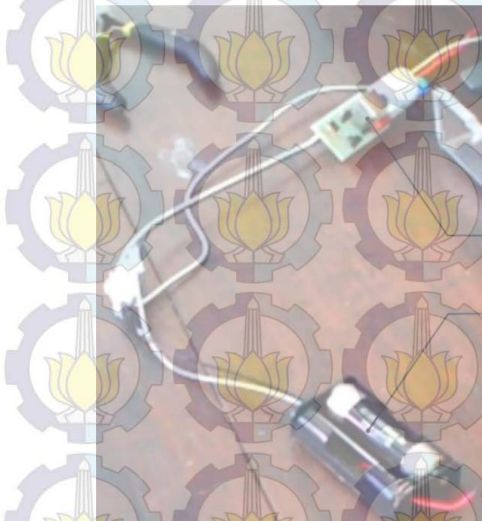
Adapun peletakan dan instalasi rangkaian pemantik listriknya seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 3. 8** Kotak rangkaian pemantik listrik

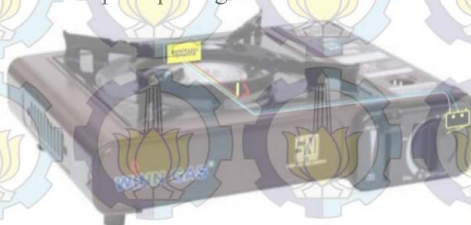
Dalam instalasi rangkaian pemantik dibuat kotak agar lebih aman dan lebih rapi, kotak ditempatkan agak jauh dari tungku agar tidak terbakar saat kompor menyala. Dalam kotak rangkaian terdapat rangkaian pemantik listrik dan baterai 1,5 Volt, dibuatkan 4 kabel lebih mudah dibongkar pasang. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8 ada dua kabel *power* yang dihubungkan dengan *limit switch*, sedangkan kabel lainnya yakni *burner* (-) dan *burner* (+) dihubungkan dengan ujung-ujung *burner* yang dekat dengan tungku. Adapun tampilan rangkaian apabila kotak dibuka adalah:





**Gambar 3. 9** PCB pemantik dan baterai

PCB didapatkan dari pemantik listrik eksternal kemudian dimodifikasi sedemikian rupa sehingga bisa digunakan sebagai pemantik listrik kompor. Adapun desain instalasi pemantik kompor secara keseluruhan seperti pada gambar di bawah ini:



**Gambar 3. 10** Desain pemantik modifikasi

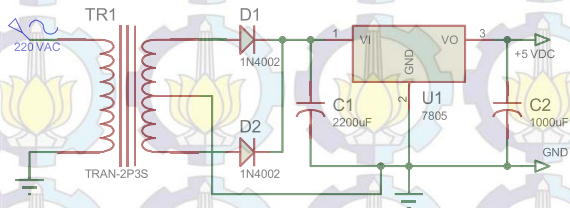
### 3.3 Perancangan Elektrik Kompor

Perangkat elektrik adalah perangkat yang memiliki peranan penting dalam tugas akhir ini. Perangkat elektrik meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sensor, minimum sistem dan servo kontroler. Catu daya adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk

memberikan tegangan pada mikrokontroler dan servo kontroller. Catu daya yang digunakan pada kompor ada dua, yaitu:

1. Catu daya untuk mikrokontroler Arduino
2. Catu daya untuk motor servo

Catu daya untuk mikrokontroler Arduino dan untuk motor servo sebenarnya memiliki spesifikasi yang sama, tapi tidak boleh hanya menggunakan satu catu daya, artinya satu catu daya diparalel untuk sumber Arduino dan motor servo. Jadi harus dibedakan sehingga ditentukan untuk Arduino diberi catu daya 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere, sedangkan motor servo juga memiliki spesifikasi catu daya yang sama yakni 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere. Catu daya menggunakan sistem switching dimana modul jadi bisa didapatkan banyak di pasaran, yakni bisa memakai *charger* hp. Adapun rangkaian catu dayaanya adalah:

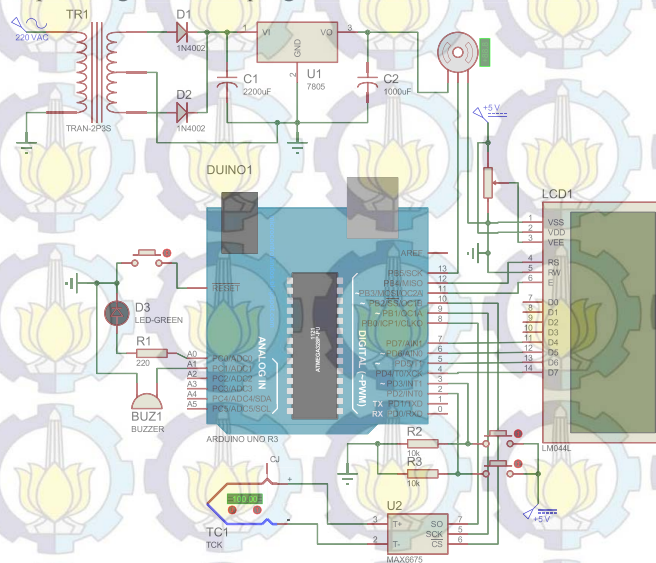


**Gambar 3. 11** Rangkaian catu daya 5 VDC

Pada rangkaian gambar 3.11 menghasilkan output tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 A dimana rangkaian memiliki keluaran yang stabil karena menggunakan penstabil rangkaian IC regulator 7805. 7805 merupakan IC regulator catu daya yang umum digunakan menghasilkan tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 Ampere. Rangkaian catu daya menggunakan komponen diantaranya kapasitor Elco 2200 uF/16 V dan 1100 uF/16 V, dua dioda 1N 4002, IC regulator 7805, dan trafo *stepdown* 220 V/12 V 1 A CT. Fungsi dioda pada rangkaian digunakan untuk mengamankan sistem ketika catudaya terbalik. Fungsi dari 7809 juga digunakan untuk mengurangi disipasi daya.

### 3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

Dalam pembuatan sistem semua komponen diintegrasikan menggunakan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai otak utama sistem, dimana fungsi Arduino sebagai penerima data analog dari MAX6675 dan data digital dari 2 *pushbutton* navigasi, dan 1 *pushbutton* reset. Sedangkan Arduino sebagai *output* akan mengirimkan sinyal data paralel pada LCD *display* 20x4, mengirimkan data posisi servo ke pin data servo, dan logika “HIGH” dan “LOW” pada buzzer, dan LED. Selain itu juga ada tombol RESET yang aktif “LOW” sebagai tombol keamanan sistem. Adapun rangkaian keseluruhan dari sistem kompor dengan suhu terprogram adalah:



Gambar 3. 12 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

### 3.3.2 Rangkaian Arduino Shield

Untuk membuat rangkaian menjadi sederhana dan mudah dibongkar pasang, dibuat rangkaian Arduino *shield*. Adapun rangkaiannya adalah:



**Gambar 3. 13** Rangkaian Arduino Shield

Sedangkan tampilan *pcb* setelah jadi adalah:



**Gambar 3. 14** Tampilan *PCB* rangkaian elektronik

Pada gambar 3.14 Arduino Uno terletak pada bagian bawah *PCB board*.

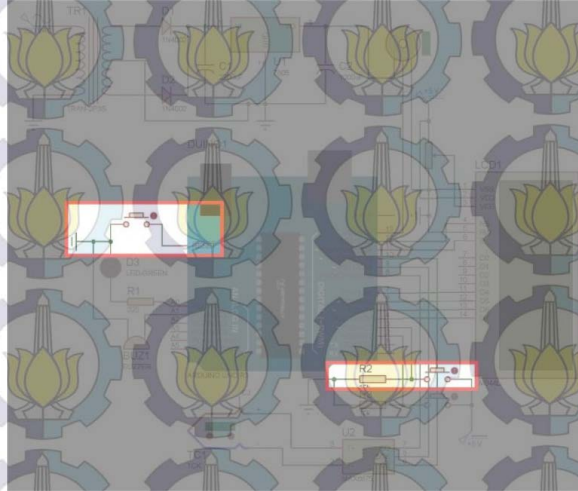
### 3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompor

Pada sistem kompor terprogram ini dengan sistem nyala kompor yang otomatis tentu saja menimbulkan kekhawatiran apabila terjadi kesalahan sistem. Maka dari itu dibuat sistem keamanan kompor dimana apabila sistem ini diaktifkan kompor langsung mati dan program kembali ke kondisi semula. Sistem keamanan ada dua level, yang pertama adalah tombol 'OK' yang berfungsi menyalakan dan

mematikan kompor, dilain sisi fungsi tombol ini juga untuk memilih resep masakan. Jadi tombol 'OK' ini memiliki 3 kondisi, yakni OK BUTTON, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Tombol ini akan selalu berfungsi pada fungsi program manapun, baik ketika sedang memilih resep atau ketika sedang menjalankan langkah-langkah yang ada pada resep. level keamanan yang kedua adalah dengan memaksakan sistem kembali ke kondisi semula, caranya dengan memanfaatkan pin RESET Arduino dengan menyambungkannya dengan *ground*, dan juga dengan menambahkan *pushbutton* yang berfungsi sebagai saklar pin RESET. Sehingga dengan adanya sistem pengamanan ini diharapkan tidak ada kejadian yang tidak diinginkan misalnya kompor meledak ataupun gas bocor dikarenakan sistem program yang eror. Selain itu sistem pengaman juga terdapat pada bagian mekanik kompor, pada sebelah kiri katup kompor terdapat pengunci tabung gas. Jadi apabila kompor sedang tidak digunakan pengunci bisa dibuka dan tentu saja gas tidak akan bocor karena tidak ada gas yang mengalir pada selang tungku. Adapun gambar sistem pengaman kompor adalah sebagai berikut:



**Gambar 3. 15** Pengunci gas tabung

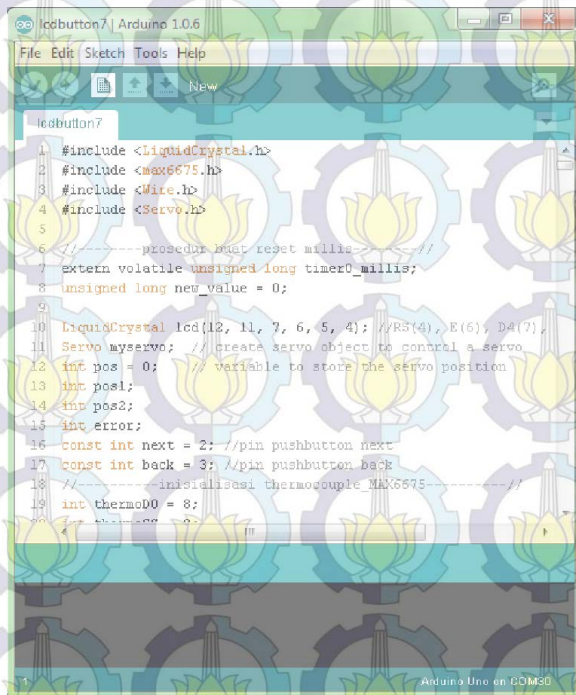


**Gambar 3. 16** Rangkaian pengaman sistem

### **3.5 Perencanaan Software pada Sistem**

Perangkat lunak yang dipakai untuk mikrokontroler Arduino adalah *software* Arduino seri 1.0.6, sebuah perangkat lunak gratis yang dirancang khusus untuk pemrograman mikrokontroler Arduino, dan bahasa yang digunakan adalah bahasa C. Adapun tampilan *software* Arduino adalah:



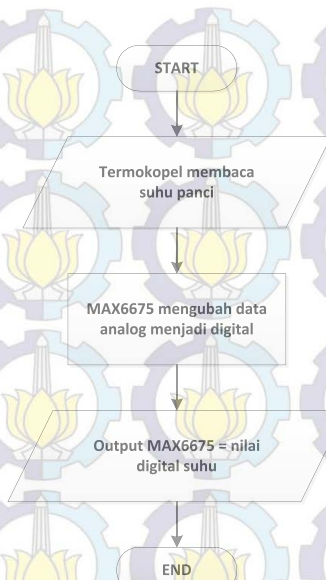


**Gambar 3. 17** Tampilan *software* Arduino

Salah satu fitur *software* Arduino ini adalah dapat menampilkan input data serial melalui serial monitor yang terletak pada pojok kanan atas jendela Arduino.

### 3.5.1 Proses Pembacaan Termokopel

Salah satu masukan yang diperoleh dari sistem adalah masukan suhu panci teflon yang nantinya akan diproses sebagai parameter kontrol servo.

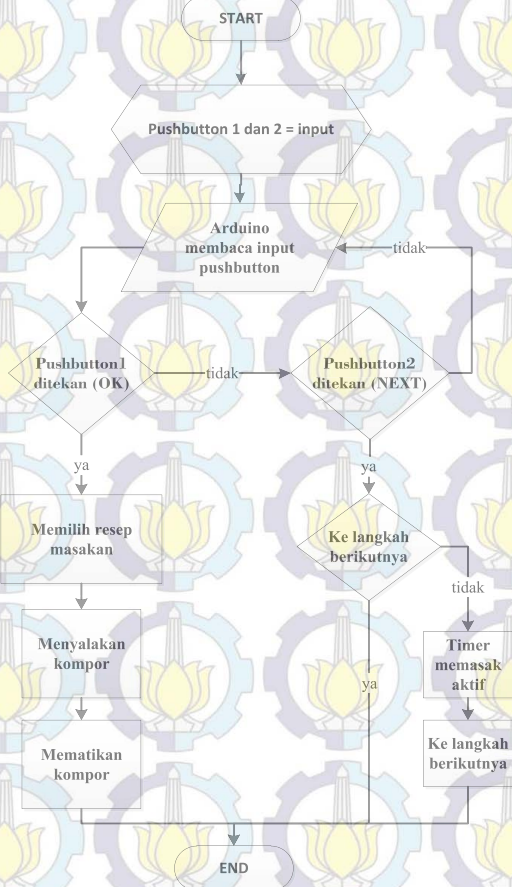


**Gambar 3. 18** *Flowchart* pembacaan suhu

Termokopel yang ditempelkan pada panci teflon akan mengalami perubahan tegangan ketika suhunya berubah, kemudian nilai analog dari termokopel tipe K akan diubah menjadi nilai digital oleh modul MAX6675, output dari MAX6675 akan masuk pada pin digital Arduino.

### 3.5.2 Proses Scanning Pushbutton

*Pushbutton* yang digunakan ada dua, satu *pushbutton* sebagai 'OK' button dimana memiliki 3 kondisi, yakni untuk memilih resep masakan, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Sedangkan *pushbutton* satunya sebagai 'NEXT' button dimana memiliki 2 kondisi, yakni sebagai tombol untuk melanjutkan ke langkah berikutnya dan untuk memulai *timer* pada langkah-langkah memasak. Kedua tombol ini digunakan untuk menavigasi pemasak dalam menjalankan alatnya. Adapun *flowchart*nya adalah:

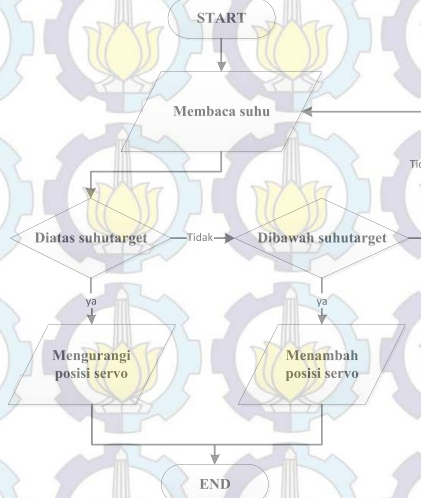


**Gambar 3. 19** *Flowchart scanning pushbutton*

### 3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral

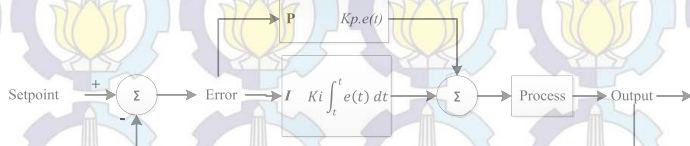
Pada tugas akhir ini sistem yang digunakan adalah kontrol proporsional-integral. Kontrol diperlukan untuk mengatur perubahan posisi servo atau mengatur besar nyala api sehingga didapatkan suhu yang diharapkan.





**Gambar 3. 20** Flowchart kontrol proporsional

Adapun diagram blok sistem kontrol proporsional integral apabila dimasukkan dalam *plan* adalah:



**Gambar 3. 21** Kontrol Proporsional Integral pada pada plant

Pada gambar 3.21 ditentukan *setpoint* berupa suhu yang diinginkan kemudian didapatkan eror melalui selisih *setpoint* dengan suhu yang terbaca. Kemudian eror yang didapatkan dikalikan dengan nilai  $K_p$  dan  $K_i$ , setelah didapatkan nilai proporsional dan integralnya, kedua nilai dijumlahkan untuk dimasukkan ke dalam proses atau *plant*.

## BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian kompor dengan suhu terprogram terdiri dari beberapa pengujian, diantaranya pengujian mekanik, pengujian pengujian perangkat elektrik, pengujian program, pengujian memasak, dan evaluasi sistem. Sebelum dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan perlu dilakukan pengujian masing-masing komponen untuk mengetahui apakah komponen berfungsi atau tidak.

### 4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui setiap komponen dapat berfungsi dengan baik. Berikut adalah pengujian beberapa bagian kompor.

#### 4.3.1 Pengujian Sensor Termokopel

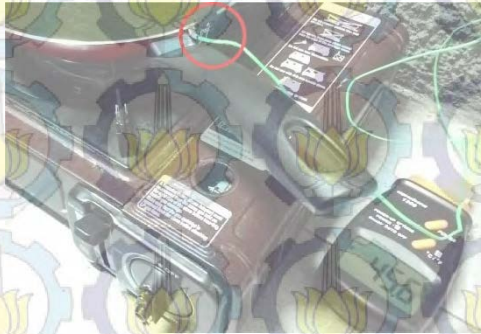
Sebelum termokopel diaplikasikan pada sistem, termokopel perlu diuji dan dikalibrasi dengan termometer. Pengujiannya disini menggunakan termometer digital dimana termometer juga menggunakan sensor termokopel. Adapun tampilan termometer digital yang digunakan adalah:



**Gambar 4. 1** Termometer digital merek "apuhua 1300"

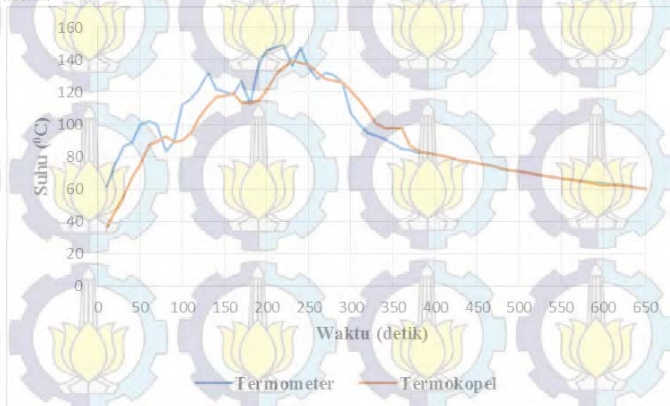
Sedangkan metode pengukuran suhunya adalah dengan meletakkan ujung batang ukur termometer ditempelkan dengan termokopel, sehingga diharapkan suhu yang terukur pada termometer

sama dengan ujung termokopel. Adapun gambaran pengukurannya adalah:



**Gambar 4. 2** Metode kalibrasi suhu

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan kalibrasi suhu adalah:



**Gambar 4. 3** Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel

Pada pengujian digunakan 350ml air kemudian api dinyalakan selama 300 detik kemudian api dimatikan. Pada awal pengukuran terlihat sudah ada perbedaan pengukuran dengan selisih sebesar 25 – 30 °C. Perbedaan pengukuran terus mengecil seiring dengan perubahan naiknya suhu sampai mencapai titik yang mempunyai pengukuran suhu yang sama, yakni +/- 140 °C, titik saturasi suhu ada pada suhu tersebut karena media yang dimasak adalah air sehingga panas dari



kompor merambat ke air yang mendidih, Kemudian suhu mulai turun mengalami perbedaan pengukuran juga pada rentang suhu 125 – 85 °C +/- sebesar 10 °C. Pada suhu di bawah 85 °C sampai dengan akhir pengukuran atau 60 °C pengukuran menunjukkan hasil yang sama dan hanya terjadi selisih suhu maksimal 0,5 °C.

#### 4.3.2 Pengujian *PCB Board*

Pengujian *pcb board* dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat tanggapan sistem terhadap input diluar sistem, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui daya tahan *pcb* apabila dipakai berulang kali. Adapun tampilan *pcb* yang akan diuji adalah:



**Gambar 4. 4** Tampilan utama *PCB board*

Gambar 4.4 adalah tampilan utama ketika program dinyalakan, pada baris 1 sampai 3 menampilkan karakter yang nantinya juga untuk menampilkan pilihan resep masakan dan langkah-langkah memasak. Sedangkan pada baris ke 4 adalah tampilan suhu yang terukur pada panci teflon.

Pada pengujiannya ini ada beberapa komponen yang perlu diuji coba, diantaranya:

1. Potensiometer sebagai pengaturan kontras LCD *display*, pada pengujian ketika potensiometer diputar ke kiri tampilan LCD akan menghilang dan dot piksel tiap matriks memudar. Begitu juga sebaliknya apabila diputar ke kanan dot piksel akan semakin jelas dan menyatu dengan karakter yang ditampilkan.
2. Tombol 'OK', seperti yang disebabkan pada bab sebelumnya, tombol 'OK' memiliki tiga kondisi, yakni memilih resep masakan, menyalakan, dan mematikan kompor. Pada pengujian ketika masuk pada tampilan pilihan resep masakan, ketika tombol

‘OK’ ditekan program akan langsung masuk pada fungsi resep masakan, ketika ditekan lagi untuk kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan lagi kompor mati. Tida kondisi ini dapat diaktifkan di tampilan LCD bagian manapun juga, pada pengujian pada tampilan utama LCD ketika tombol ditekan sekali tidak ada perubahan yang terjadi pada tampilan LCD, ketika ditekan yang kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan yang ketiga kalinya kompor mati.

3. Tombol ‘NEXT’, tombol ini berfungsi untuk menampilkan perintah atau tampilan selanjutnya pada LCD, pada pengujian ketika LCD mode *home screen* setelah tombol ‘NEXT’, LCD berubah menjadi tampilan pilihan resep masakan seperti halnya yang ada pada program.
4. Pengujian pin *header* pada *pcb*, pada *pcb* ada tiga jenis pin, yakni pin MAX6675, pin catu daya servo, dan pin servo. Pada pengujian pin MAX6675, ketika pin tidak disambungkan tampilan suhu pada LCD 0.00, “nan”, dan juga terkadang menampilkan angka ribuan atau pada kondisi ini bisa dikatakan eror. Setelah pin disambungkan suhu pada termokopel langsung langsung terbaca pada LCD. Pin selanjutnya adalah pin catu daya servo, apabila pin ini tidak disambungkan dengan sumber 5 Volt 1 A, maka walaupun servo sudah disambungkan maka servo tidak akan bergerak karena tidak mendapatkan catu daya, sedangkan pin servo adalah pin yang harus disambungkan pada 3 pin kabel servo.
5. Pengujian selanjutnya adalah pengujian Arduino pin *shield* dan LCD pin *shield*, arsitektur *pcb* disini didesain agar mudah dibongkar pasang dan praktis. Pada pengujian *shield* Arduino dicopot dan dipasang apakah pin *shield* dapat terhubung dengan baik atau tidak. Pengujian yang sama juga dilakukan pada pin *shield* LCD display 20x4.

#### 4.3.3 Pengujian Motor Servo

Pada pengujian motor servo disini tidak hanya menguji aakah servo berfungsi atau tidak, tapi juga apakah servo dapat menggerakkan katup atau tidak. Servo yang sudah dipasang tegak lurus dengan katup kompor kemudian diberi catu daya dan diuji apakah servo bisa berfungsi atau tidak. Dengan memanfaatkan bahasa C Arduino yang dengan mudah dapat mengontrol servo hanya dengan



mengontrol memasukkan nilai derajat posisi yang diinginkan. Misalnya:

*myservo.write (90);*

Pada kodingan tersebut servo Arduino memerintahkan servo untuk bergerak menuju posisi 90°, karena katup melekat kuat pada lengan servo maka katup juga ikut bergerak sesuai posisi servo yakni 90°.

Setelah dilakukan pengujian kontrol katup menggunakan servo, pada instalasi sebenarnya posisi servo tidak sama dengan posisi katup. Pada posisi katup 0° posisi servo diatur 40° sehingga pada inisialisasi *software* Arduino posisi servo dibuat 40°, hal ini dikarenakan apabila posisi servo dibuat 0° maka katup akan bergerak lebih kekiri atau kurang dari 0° dan tentu saja hal itu tidak mungkin, apabila dipaksakan maka dapat merusak servo karena mendapatkan beban tak hingga.

#### **4.3.4 Pengujian Nyala Kompor**

Ada beberapa tahapan dalam pengujian nyala kompor, tahapan pengujian nyala kompor adalah sebagai berikut:

1. Pengujian nyala kompor secara manual menggunakan tangan, hal ini dilakukan untuk memastikan kompor dapat menyala tanpa masalah apabila dinyalakan secara manual. Pada tahap ini pemantik masih menggunakan pemantik tumbuk, pemantik bawaan dari kompor.
2. Pengujian selanjutnya adalah pengujian nyala kompor menggunakan servo, pada tahap ini katup direkatkan dengan lengan servo agar katup bergerak sesuai posisi servo, namun pada tahap ini penahan servo belum dibuat dan penahan menggunakan tangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah torsi mampu menekan pemantik tumbuk atau tidak, penahan menggunakan tangan agar tidak ada faktor mekanik lain yang mempengaruhi torsi servo. Pada saat pengujian kompor dapat menyala dan torsi servo mampu untuk menekan pemantik tumbuk.
3. Setelah mengetahui bahwa torsi servo mampu untuk menekan pemantik, dibuatlah penahan servo yang terbuat dari akrilik tebal 5 mm yang dikaitkan dengan badan kompor. Setelah diuji beberapa kali ternyata pemantik tidak selalu menyala. Adapun tabel percobaannya adalah:



**Tabel 4. 1** Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk

Uji ke	Kondisi
1	Mati
2	Mati
3	Nyala
4	Mati
5	Mati
6	Mati
7	Mati
8	Nyala
9	Mati
10	Mati

Dari tabel pengujian 4.1 kompor tidak selalu menyala sehingga masalah ini merupakan masalah utama karena sistem dibuat kompor menyala secara otomatis. Maka dari itu dicarilah solusi lain dalam menyalakan kompor sehingga kompor dapat dinyalakan oleh servo dengan mudah.

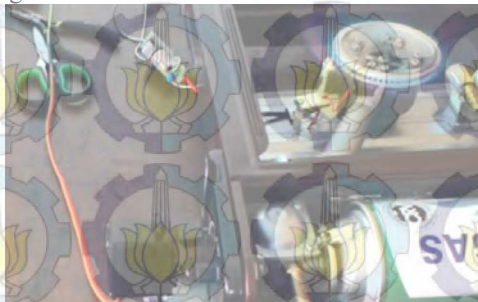
#### **4.3.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor**

Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa terjadi masalah dalam sistem mekanik pemantik kompor, sehingga pemantik kompor dimodifikasi. Kali ini pemantik tumbuk sudah tidak dipakai lagi, digantikan dengan pemantik listrik yang menggunakan sumber baterai 1,5 Volt, untuk menyalakannya menggunakan *limit switch* yang berfungsi sebagai saklar diletakkan ditempat pemantik tumbuk berada. Pada pengujian ini kompor dapat menyala dengan mudah karena servo tidak membutuhkan gaya yang besar untuk menekan *limit switch*. Adapun tabel percobaan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 2** Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik

Uji ke	Kondisi	Uji ke	Kondisi
1	Mati	...	Nyala
2	Nyala	41	Nyala
3	Nyala	42	Nyala
4	Nyala	43	Nyala
5	Nyala	44	Nyala
6	Nyala	45	Nyala
7	Nyala	46	Nyala
8	Nyala	47	Nyala
9	Nyala	48	Nyala
10	Nyala	49	Nyala
...	Nyala	50	Nyala

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat kompor sudah bisa menyala secara terus menerus, dan hanya tidak menyala 1 kali dari 50 kali percobaan. Setelah dimasukkan ke sistem utama kompor sudah bisa menyala dan berjalan dengan lancar.



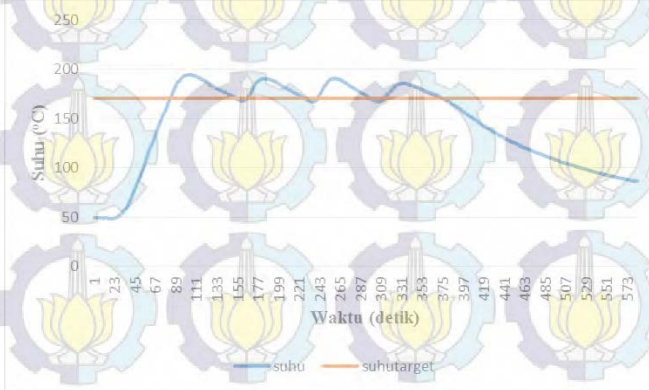
**Gambar 4. 5** Uji nyala kompor memakai pemantik listrik

#### 4.3.6 Pengujian Kontrol Sistem

Sistem kompor dengan kontrol suhu terprogram perlu diberi kontrol agar bisa mengatur servo, kontrol yang digunakan mempengaruhi respon sistem dan juga output yang diinginkan. Pada *plant* yang akan digunakan direncanakan menggunakan kontrol proporsional atau kontrol proporsional integral. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut.

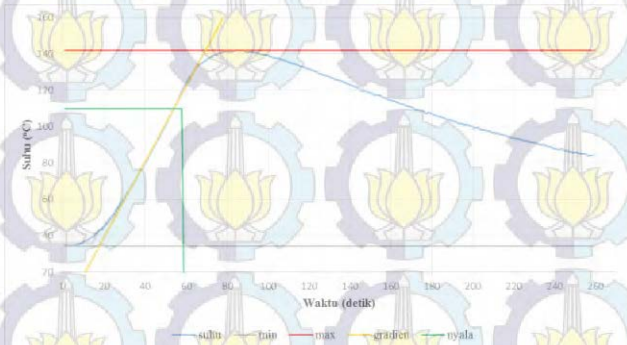
### 1.1.6.1 Pengujian Kontrol Proporsional

Pada pengujian pertama kontrol yang digunakan adalah kontrol proporsional dimana konstanta proporsional ditentukan melalui metode *trial error* dan metode *Ziegler-Nichols*. Pengujian dilakukan pada salah satu resep masakan yakni masak telur. Adapun hasil grafiknya adalah:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kontrol proporsional

Pada grafik telur dimasak selama +/- 6 menit dengan pengaturan suhu target 170 °C,  $K_p = 2$ . Apabila menggunakan metode *Ziegler-Nichols* pertama-tama adalah mencari grafik *S* dari *unit step* berupa kompor yang dinyalakan selama beberapa waktu. Adapun grafiknya adalah



Gambar 4. 7 Metode Ziegler-Nichols



Pada grafik garis hijau adalah ketika kompor menyala, garis biru adalah suhu yang terukur pada panci, garis abu-abu adalah suhu minimal yang terukur, garis merah adalah titik saturasi dari suhu maksimal, sedangkan garis oranye adalah gradien yang digunakan untuk mencari nilai T dan L. Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai T dan L pertama-tama dengan menentukan rentang garis paling linier dari garis oranye. Sehingga didapatkan nilai  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$ . Adapun perhitungan mencari nilai gradien  $m$  adalah sebagai berikut:

$$(x_1, y_1) = (33, 66.25)$$

$$(x_2, y_2) = (56, 114)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 66.25}{114 - 66.25} = \frac{x - 33}{56 - 33}$$

$$y = 2.076x + 2.260$$

Dimana  $m = 2.076$ . Setelah didapatkan nilai  $m$  dicari titik bawah untuk menentukan nilai  $x$  melalui perpotongan garis antara suhu minimal dengan gradien dan titik atas untuk menentukan nilai  $x$  melalui perpotongan garis antara suhu maksimal dengan gradien. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Titik bawah = suhu saturasi minimal – gradien

Titik atas = gradien – suhu saturasi maksimal

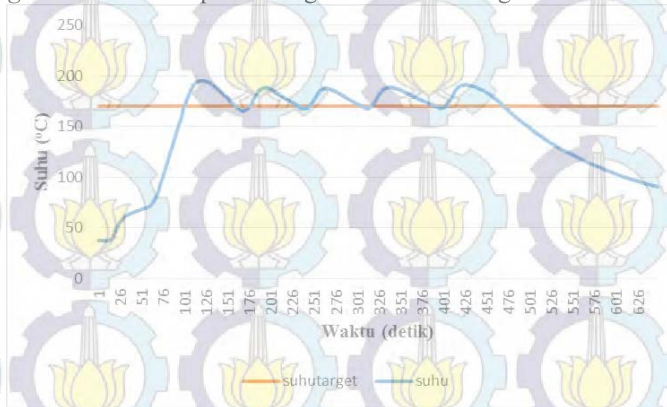
Titik bawah dan titik atas dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati 0, pada nilai titik bawah ditarik ke sumbu  $x$  maka didapatkanlah nilai  $L = 18$ . Pada nilai titik atas ditarik ke sumbu  $x$  kemudian nilainya dikurangi dengan nilai  $L$  maka didapatkanlah nilai  $T$ , yakni  $69 - 18 = 51$ . Berdasarkan grafik *Ziegler-Nichols* nilai  $K_p$  didapatkan dengan rumus:

$$K_p = T/L$$

$$K_p = 51/18$$

$$K_p = 2.83$$

Ternyata  $K_p$  dari metode *trial error* dan metode ini hampir sama, maka penulis mengambil salah satu nilai  $K_p$  yakni  $K_p$  dari metode *Ziegler-Nichols*. Adapun hasil grafik adalah sebagai berikut



**Gambar 4. 8** Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler-Nichols

Respon grafik yang dihasilkan dari kedua metode ini hampir sama yakni grafik mengalami titik osilasi yang merupakan karakteristik dari kontrol proporsional. Sehingga untuk memperbaiki kontrol diperlukan kontrol integral agar output suhu benar-benar sesuai dengan yang diinginkan.

#### 1.1.6.2 *Pengujian Kontrol Proporsional Integral*

Setelah didapatkan nilai T dan L melalui metode *Ziegler-Nichols* adapun rumus untuk mendapatkan  $K_p$  dan  $K_i$  adalah:

$$K_p = 0.9(T/L)$$

$$K_p = 0.9(51/18)$$

$$K_p = 2.55$$

$$K_i = K_p/T_i, \text{ dimana}$$

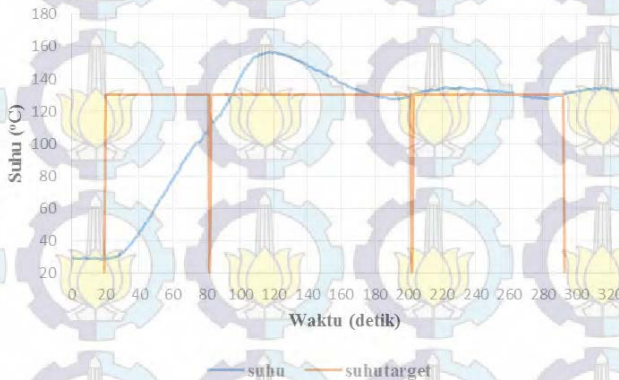
$$T_i = L/0.3$$

$$T_i = 18/0.3$$

$$T_i = 60,$$

$$K_i = 2.55/60$$

$$K_i = 0.0425$$



**Gambar 4. 9** Pengujian kontrol proporsional metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik terlihat sudah tidak mengalami titik osilasi karena ada penambahan kontrol proporsional pada sistem. Sehingga untuk selanjutnya kontrol yang dipakai pada sistem adalah kontrol proporsional-integral dikarenakan output suhu lebih sesuai dengan suhu yang diinginkan.

#### 4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor

Pengujian sistem keamanan dilakukan untuk menguji coba apakah sistem keamanan sudah benar-benar aman atau belum, sebelum diuji coba ke orang awam atau orang yang masih belajar memasak. Pada saat pengujian tombol 'RESET' berhasil membuat kompor mati dan program kembali ke kondisi awal, begitu juga dengan tombol 'OK' yang memiliki 3 kondisi, pada semua fungsi program tombol 'OK' dapat menyalakan dan mematikan kompor. Pada tahap ini kompor sudah siap untuk diuji coba baik oleh penulis sendiri dan maupun orang lain.

Pengujian keamanan selanjutnya adalah kondisi ketika listrik PLN mati, dikarenakan catu daya Arduino dan servo masih menggunakan listrik PLN maka dibutuhkan catu daya eksternal yang dapat mengantisipasi apabila listrik PLN mati. Pengujian dilakukan



dengan menyalakan alat dengan memakai catu daya dari listrik PLN, kemudian catu daya Arduino dan servo dicabut. Pada pengujian alat masih menyala karena Arduino dan servo mengambil tegangan catu daya eksternal yang dapat berupa baterai 9 sampai 12 Volt atau powerbank. rangkaian menggunakan IC 7805 dan dioda 1N4007 yang berfungsi sebagai regulator tegangan. Jadi ketika Arduino dan servo tidak mendapatkan catu daya dari listrik PLN, Arduino dan servo akan langsung mengambil tegangan dari catu daya eksternal. Tapi apabila listrik PLN sudah menyala kembali maka Arduino dan servo akan kembali mengambil tegangan dari listrik PLN. Untuk catu daya listrik PLN, catu daya memakai *power supply switching* berupa *charger handphone* dengan tegangan output 5 Volt dan arus 1 sampai 2 Ampere.

#### **4.3 Pengujian Memasak**

Setelah semua pengujian masing-masing komponen berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan cara memasak atau menjalankan programnya. Dalam tahap ini pengujian dilakukan oleh beberapa subyek penguji.

##### **4.3.1 Pengujian Memasak Telur**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan telur yang dimasak secara manual dibandingkan dengan telur yang dimasak secara terkontrol. Pada telur yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 130 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak telur kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada tiga tahap yakni ketika memanaskan minyak atau margarin, memasukkan telur, dan membalik telur. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

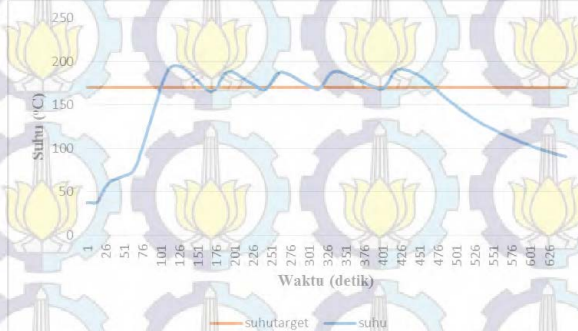
**Tabel 4. 3** Tabel pengujian telur

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU			Kontrol PI		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Kp	Ki	
1	170	170	170	60 detik	120 detik	180 detik	2	-	Esi
2	170	170	170	60 detik	120 detik	150 detik	2	-	Esi
3	170	170	170	60 detik	120 detik	120 detik	2	-	Ruliana
4	170	170	170	60 detik	120 detik	90 detik	2	-	Esi
5	150	150	150	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam
6	130	130	130	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam

Pada tabel 4.3 percobaan 1 sampai 4 menggunakan kontrol proporsional. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 10** Grafik pengujian 1 memasak telur

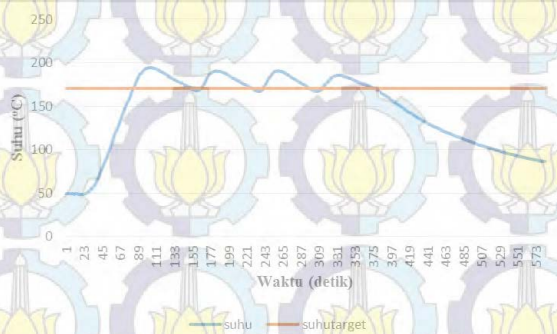


**Gambar 4. 11** Hasil pengujian 1 memasak telur

Dari gambar 4.11 terlihat pada bagian pinggir telur terlihat gosong dikarenakan suhu target yang diinginkan terlalu panas.

b. Pengujian 2 masak telur:

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 12** Grafik pengujian 2 masak telur



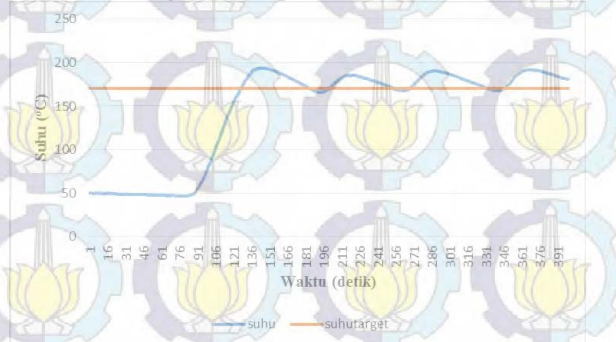


**Gambar 4. 13** Hasil pengujian 2 memasak telur

Perbedaan dari pengaturan sebelumnya parameter pada Waktu3 pengaturan waktunya dikurangi 30 detik, namun pada gambar 4.13 hasil masakan tidak berbeda dengan pengujian 1 dimana terdapat sedikit gosong pada tepi telur.

c. Pengujian 3 masak telur:

Pada pengujian 3 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 14** Grafik pengujian 3 masak telur

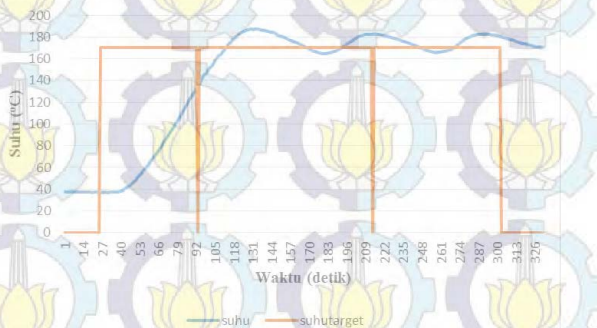


**Gambar 4. 15** Hasil pengujian 3 memasak telur

Pada pengujian 3 parameter yang diubah ada di Waktu3 dimana dikurangi 30 detik menjadi 2 menit. Hasil yang didapatkan tekstur sudah pas dan matang sempurna tapi pada tepi telur masih terlihat sedikit gosong seperti pada gambar 4.15.

d. Pengujian 4 masak telur:

Pada pengujian 4 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 16** Grafik pengujian 4 memasak telur

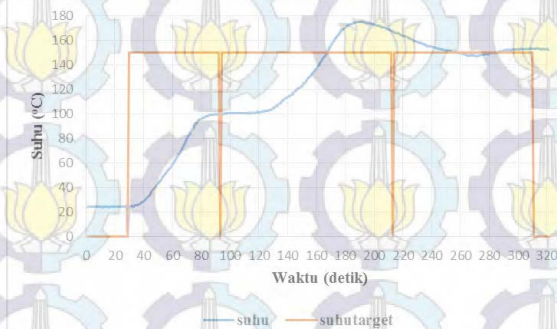


**Gambar 4. 17** Hasil pengujian 4 memasak telur

Pada pengujian ini hasil yang didapatkan parameter Waktu3 dikurangi 30 detik lagi yakni menjadi 90 detik, pada gambar 4.17 hasil yang dipatkan ternyata masih terdapat gosong dipinggir walaupun tengah telur sudah matang sempurna.

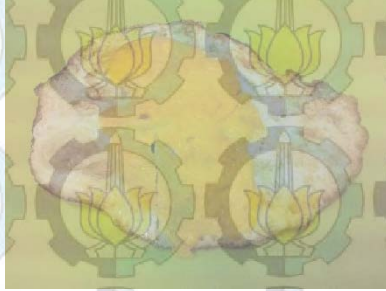
e. Pengujian 5 masak telur:

Pada pengujian 5 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 18** Grafik pengujian 5 masak telur



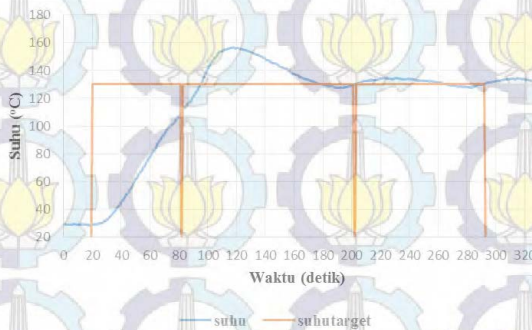


**Gambar 4. 19** Hasil pengujian 5 memasak telur

Pada pengujian 5 kontrol diganti menggunakan kontrol proporsional dan integral untuk mendapatkan output suhu sesuai dengan suhu yang diinginkan, parameter suhutarget diturunkan menjadi  $150^{\circ}$  dan dengan pengaturan Waktu1 1 menit, Waktu2 2 menit, dan Waktu3 90 detik. Hasil yang didapatkan tengah telur sudah matang dan tepi telur masih terlihat gosong.

f. Pengujian 6 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 20** Grafik pengujian 5 memasak telur



**Gambar 4. 21** Hasil pengujian 6 memasak telur

Pada pengujian 6 parameter pengaturan waktu tetap sedangkan parameter yang diubah adalah parameter suhu, baik Suhutarget1, Suhutarget2, Suhutarget3 diturunkan menjadi 130°. Sehingga hasil masakan yang didapat permukaan telur matang secara merata baik sisi tengah maupun sisi tepi telur sehingga pada kondisi telur seperti ini dengan adanya tambahan kondisi pilihan bagi pemasak dapat membuat telur matang seperti gambar ataupun ingin menggosongkan telur dengan memasak telur lebih lama.

#### **4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan scallop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan scallop yang dimasak secara terkontrol. Pada scallop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 125 – 135 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak scallop kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada empat tahap yakni ketika memanaskan minyak, memasukkan scallop, dan membalik scallop, dan membalik scallop lagi. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

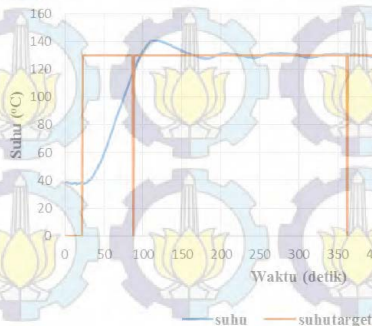
**Tabel 4. 4** Tabel pengujian scallop ikan

NO	KONTROL SUHU				KONTROL WAKTU				Kontrol PI	
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Suhutarget4	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Kp	Ki
1	130	130	130	130	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
2	160	160	160	160	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
3	100	100	100	100	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425

Pada tabel 4.4 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 22** Grafik pengujian 1 scallop ikan



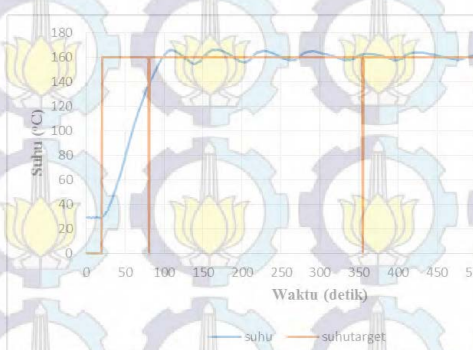


**Gambar 4. 23** hasil pengujian 1 scallop ikan

Pada pengujian 1 terlihat scallop sudah matang merata juga teksturnya sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini dicoba memasak lebih dari 2 scallop dengan pengaturan parameter yang sama didapatkan hasil yang sama juga, sehingga dapat disimpulkan jumlah scallop yang dimasak tidak mempengaruhi hasil masakan.

b. Pengujian 2 masak scallop

Suhtarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhtarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhtarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhtarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



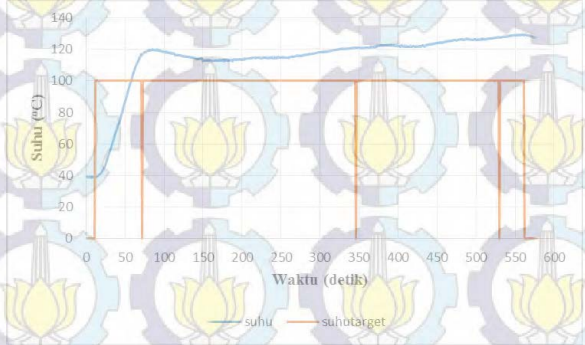
**Gambar 4. 24** Grafik pengujian 2 scallop ikan

**Gambar 4. 25** Hasil pengujian 2 scallop ikan

Pada pengujian 2 scallop ada gosongnya, sehingga dapat disimpulkan apabila suhu diatur melebihi suhu kerja yang digunakan untuk memasak scallop maka scallop akan semakin gosong.

c. Pengujian 3 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 26** Grafik pengujian 3 scallop ikan

**Gambar 4. 27** Hasil pengujian 3 scallop ikan

Pada pengujian 3 terlihat scallop kurang matang dan masih terlihat ada putih mentahnya dikarenakan pengaturan suhu target yang terlalu kecil yakni  $100^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan roti bakar yang dimasak secara manual dibandingkan dengan roti bakar yang dimasak secara terkontrol. Pada roti bakar yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah  $110 - 130^{\circ}\text{C}$ , sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian roti bakar roti kontrol suhu dicoba dibuat dua kali kontrol dan satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada dua tahap yakni ketika memasukkan roti, dan membalik roti. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 5** Tabel pengujian roti bakar

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU		Kp		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Kp	Ki	
1	90	110	0	2 menit	2 menit	0.5	-	Imam
2	-	150	0	4 menit	4 menit	0.5	-	Imam
3	-	130	0	2 menit	2 menit	2	-	Novem
4	-	130	0	2 menit	2 menit	2.55	0.0425	Anjik

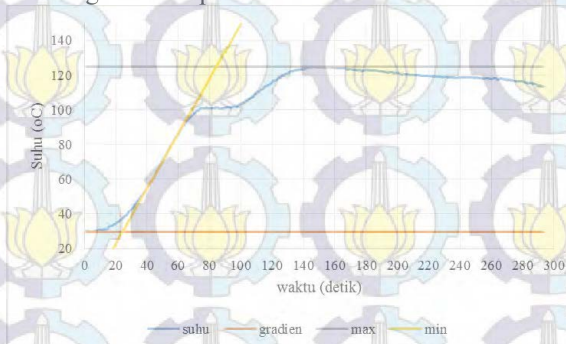
Pada tabel 4.5 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional dan pengujian 4 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter



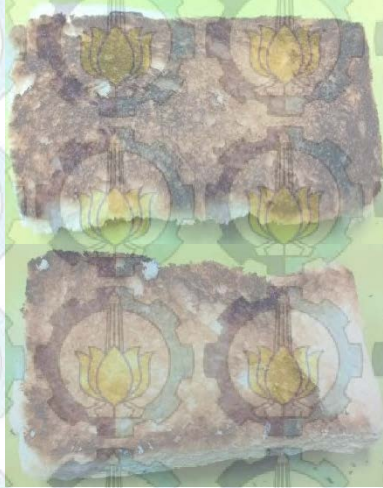
yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 roti bakar

Suhtarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhtarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, ) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 28 Grafik pengujian 1 roti bakar

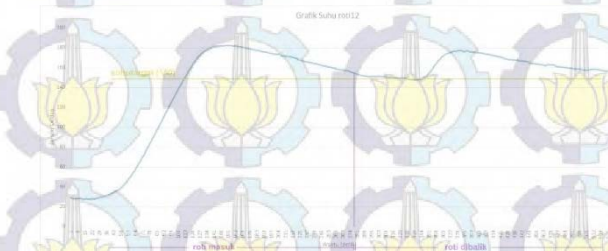


**Gambar 4. 29** Hasil pengujian 1 roti bakar

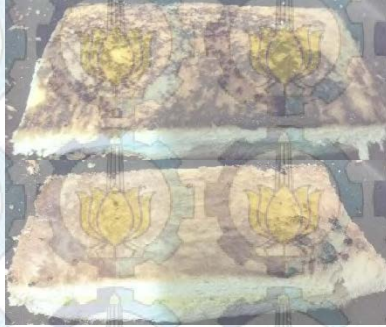
Dari gambar 4.29 terlihat roti matang tapi ada beberapa kegosongan karena sisi luar roti tidak diberi margarin secara merata.

b. Pengujian 2 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, ) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



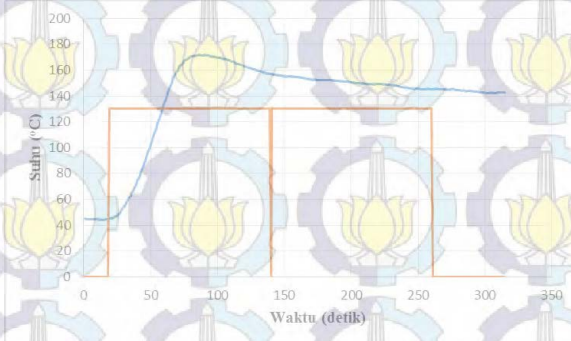
**Gambar 4. 30** Grafik pengujian 2 roti bakar



**Gambar 4. 31** Hasil pengujian 2 roti bakar

c. Pengujian 3 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti bakar) kemudian ditunggu 2 menit dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4. 32** Grafik pengujian 3 roti bakar



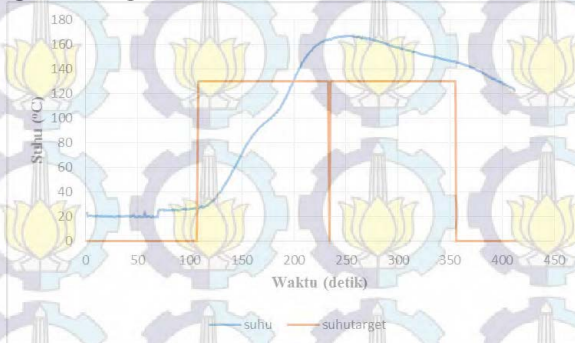


**Gambar 4.33** Hasil pengujian 3 roti bakar

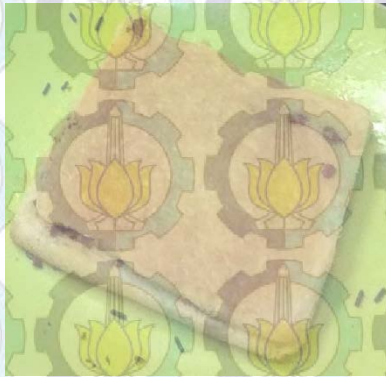
Pada pengujian 4.33 terlihat roti matang sempurna walaupun hanya menggunakan kontrol proporsional sekalipun dengan pengaturan suhu target  $130^{\circ}$ .

d. Pengujian 4 roti bakar

Pada pengujian 4.4 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti), Suhu target2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti) kemudian ditunggu 2 menit, dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



**Gambar 4.34** Grafik pengujian 4 roti bakar



**Gambar 4. 35** Hasil pengujian 4 roti bakar

Dengan pengaturan parameter suhu target dan waktu yang sama, pada pengujian ini terlihat juga roti matang sempurna dimana kontrol menggunakan kontrol proporsional integral, dapat disimpulkan untuk memasak roti bakar kontrol proporsional dengan kontrol proporsional integral tidak begitu mempengaruhi hasil makanan.

#### **4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop**

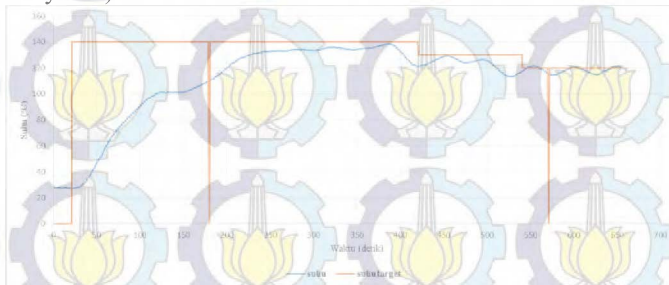
Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan sop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan sop yang dimasak secara terkontrol. Pada sop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah  $120 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian sop kontrol suhu dicoba dibuat 5 kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada 5 tahap yakni ketika memanaskan air, memasukkan wortel, buncis, dan kentang, memasukkan buncis, memasukkan bahan sisa, dan memasukkan bumbu. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 6** Tabel pengujian sayur sop

NO	KONTROL SUHU					KONTROL WAKTU					Tester
	Suhutar get1	Suhutar get2	Suhutar get3	Suhutar get4	Suhutar get5	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Waktu5	
1	140	140	130	120	120	3'	4'	2'	30"	3' 30"	Kuncoro
2	140	140	130	120	120	3'	4'	3'	30"	4'	Kuncoro
3	140	140	-	120	120	3'	5'	-	30"	3'	Mbak Vita

a. Pengujian 1 sayur sop

Pada pengujian 1 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



**Gambar 4. 36** Grafik Pengujian 1 Sayur Sop



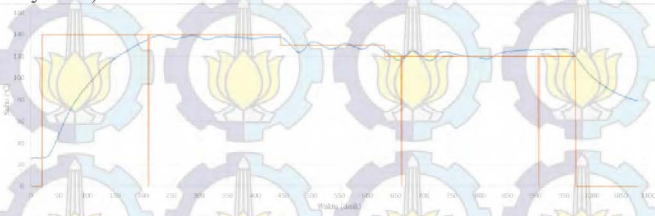
**Gambar 4. 37** Hasil Pengujian 1 Sayur Sop



Pada pengujian 1 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis masih sedikit keras dan kurang matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang.

b. Pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



**Gambar 4. 38** Grafik pengujian 2 sayur sop



**Gambar 4. 39** Hasil pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang. Pada pengujian 2 waktu untuk memasak buncis ditambah menjadi 3 menit dari yang sebelumnya 2 menit, kemudian untuk lama mengaduk sayuran juga ditambah 30 detik.

#### 4.4 Evaluasi Sistem

Setelah dilakukan beberapa pengujian memasak resep masakan terdapat beberapa evaluasi sistem yang perlu untuk diperbaiki dan dikembangkan lagi diantaranya adalah:

1. Pada awalnya pemasak dibuat harus menekan tombol 'NEXT' ketika sedang memasak, sehingga berdasarkan testimoni beberapa penguji hal tersebut merepotkan memasak, sehingga dibuatlah sistem ketika penguji sudah mulai memasak, penguji tidak perlu menekan tombol lagi dan hanya mengikuti instruksi dari LCD.
2. Setiap penguji yang baru pertama kali memasak harus dijelaskan dahulu cara kerja alat dan fungsi dari masing-masing tombol.
3. Kabel termokopel yang melekat pada gagang teflon mengganggu kenyamanan pemasak, dan terkadang ada aliran listrik statis yang membuat kaget pemasak.

Karena termokopel sudah melekat pada satu teflon sehingga teflon yang digunakan adalah teflon yang sudah terpasang termokopel dan tidak bisa diganti lagi.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.
3. Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.



## 5.2 Saran

Adapun untuk perbaikan dan pengembangan alat kedepannya diantaranya adalah:

1. Dibutuhkan pengemasan alat yang lebih praktis dan tidak mengganggu kegiatan memasak, dikarenakan peletakan termokopel yang menempel pada panci teflon cukup mengganggu orang yang memasak, sehingga dibutuhkan modul atau sensor suhu lain yang lebih praktis.
2. Rangkaian yang masih dalam bentuk PCB *board* perlu dikemas menjadi lebih rapi lagi agar pemasak lebih nyaman digunakan.
3. Catu daya mikrokontroler, servo, dan pemanik listrik yang masih terpisah perlu diintegrasikan agar lebih praktis.
4. Resep masakan yang masih sedikit dan sederhana perlu ditambah lagi agar kompor lebih multifungsi.

Penggunaan mikrokontroler Arduino memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas yakni sebesar 32 Kbyte saja, maka dari itu perlu untuk dicoba menggunakan mikrokontroler lain yang memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Cara Memasak Wortel,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Wortel>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [2] B. Li and J. Lei, “Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller,” in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 342–344.
- [3] “MAKALAH TERMOCOUPLE,” *rikadiantoro*. .
- [4] “Cara Memasak Kentang,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kentang>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [5] R. Diantoro, “Makalah Termokopel,” <https://rikadiantoro.wordpress.com>, Mar. 2014.
- [6] A. Parluhutan Bonor Sinaga, *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Autonomous Car-Following Car*. Teknik Elektro FTI ITS, 2014.
- [7] “Revised Thermocouple Reference Tables Type K.” [omega.co.uk](http://omega.co.uk).
- [8] H. Avrilyantama, *Pengembangan Robot Hexapod Untuk Melacak Sumber Gas*. Surabaya: Teknik Elektro FTI ITS, 2015.
- [9] M. Integrated, “MAX6675-Cold Junction Compensated K-Thermocouple to Digital Converter.” [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com), 2014.
- [10] Syahrul, *Karakteristik dan Pengontrolan Motor Servo*. Bandung: Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia, 2006.
- [11] M. Banzi, “Getting Started with Arduino,” *OReilly Media Inc*, 2011.
- [12] A. Yahya, *Merawat & Memperbaiki Kompor Gas*. Niaga Swadaya.
- [13] D. Wilcher, *Learn Electronics with Arduino*. Apress, 2012.
- [14] Smith Rd., “Water MSDS.” [Sciencelab.com](http://Sciencelab.com), Inc, 21-May-2013.
- [15] M. Al-Nuri, “Air,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.
- [16] K. Jack, “.....Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni: Tugas makalah Pengolahan dan pemanfaatan minyak kelapa murni,” .....*Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni*. .
- [17] M. Al-Nuri, “Minyak Goreng,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.

- 
- [18] Smith Rd., "MSDS Palm Oil." Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [19] Brian R Copeland, "The Design of PID Controller Using Ziegler Nichols Tuning," Mar. 2008.
- [20] "Cara Memasak Buncis Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Buncis-Segar>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [21] "Cara Memasak Kembang Kol Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kembang-Kol-Segar>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [22] "Cara Memasak Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [23] "Cara Merebus Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Merebus-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [24] "Cara Membuat Sup Sayuran," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Sayuran>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [25] "Cara Membuat Sup Tomat," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Tomat>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [26] godam64, "Isi Kandungan Gizi Buncis - Komposisi Nutrisi Bahan Makanan - ILMU PENGETAHUAN."



## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar  $130^{\circ}\text{C}$ . Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.

Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

## LAMPIRAN

### *Source code* pada mikrokontroler Arduino Uno

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <max6675.h>
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>

//-----prosedur buat reset millis-----
//
extern volatile unsigned long timer0_millis;
unsigned long new_value = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4);
//RS(4), E(6), D4(7), D5(6), D6(5), D7(4)
Servo myservo; // create servo object to
control a servo

const int next = 2; //pin pushbutton next
const int back = 3; //pin pushbutton back
//-----inisialisasi
thermocouple_MAX6675-----//
int thermoDO = 8;
int thermoCS = 9;
int thermoCLK = 10;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS,
thermoDO);
int vccPin = 1;
int gndPin = 0;
uint8_t degree[8] =
{140,146,146,140,128,128,128,128};

String teks1;
String teks2;
String teks3;
int suhutarget = 0;
int pause;
int k = 0;
```

```

int m = 0;
int n = 0;
float error_0 = 0;
float error;
float error_t;
float Iout;
float Pout;
float pi;
float pos;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    myservo.attach(13); //pin data servo di
    Arduino
    myservo.write(40);
    lcd.begin(20,4); //lcd display 20x4
    lcd.createChar(0, degree);
    lcd.clear();
    pinMode(next, INPUT);
    pinMode(back, INPUT);
    pinMode(vccPin, OUTPUT);
    digitalWrite(vccPin, HIGH);
    pinMode(gndPin, OUTPUT);
    digitalWrite(gndPin, LOW);
    pinMode(A0, OUTPUT); //led indicator
    pinMode(A1, OUTPUT); //buzzer
    pinMode(A2, INPUT); //flame sensor
}

void loop()
{
    switch (n)
    {
        case 0 :
            menu(k);
            break;
        case 1 :
            telur(k);
    }
}

```



```

        break;
    case 2 :
        scallop(k);
        break;
    case 3 :
        roti(k);
        break;
    case 4 :
        sop(k);
        break;
    case 5 :
        manual(k);
        break;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(teks1);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(teks2);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(teks3);
nyala();

//-----membuat fungsi tombol next sbg
starting timer dan nextbutton-----//
if (pause == 0) //pause=0; fungsi next sbg
start timer 1 menit
{
    for (int j=0;j<30;j++)
    {
        rutin();
        for (int l=0;l<90;l++)
        {
            nyala();
            delay(10);
        }
        suhu();
    }
    k++;
}

```

```

    }
    else //pause=1; fungsi next sbg next button
    {
        rutin();
        for (int i=0;i<100;i++)
        {
            if (digitalRead(2)==HIGH) //tombol next
ditekan
            {
                while (digitalRead(2)==HIGH){}
                i=100;
                k++;
                pause=0;
            }
            nyala();
            delay(10);
        }
    }
}

//-----FUNGSI RESET MILLIS-----
//
void setMillis(unsigned long new_millis)
{
    uint8_t oldSREG = SREG;
    cli();
    timer0_millis = new_millis;
    SREG = oldSREG;
}

//-----TAMPILAN MENU UTAMA-----
//
void menu(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "TUGAS AKHIR";
            teks2 = "IMAM FITRIATNO";
    }
}

```

```

    teks3 = "BISMILLAH 112!";
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "SELAMAT DATANG";
    teks2 = "SILAHKAN PILIH";
    teks3 = "RESEP MASAKAN";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "> 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 3;
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = "> 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 4;
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = "> 3. Roti Bakar";
    m = 5;
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "> 4. Sayur sop";
    teks2 = " 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 6;
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = " 4. Sayur sop";

```



```

    teks2 = "> 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 7;
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 1. TELUR-----
-//
void telur(int menit)
{
    switch (menit)
    {
case 0 :
    teks1 = "Selamat memasak";
    teks2 = "Telur Ceplok";
    teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "1-Siapkan:";
    teks2 = "minyak/margarin,";
    teks3 = "dan telur";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "2-Tuang 1 sdm";
    teks2 = "margarin/minyak";
    teks3 = "ke dalam teflon";
    pause = 1;

```

```

break;
case 3 :
    teks1 = "3-Nyalakan kompor";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Ratakan margarin";
    teks2 = "";
    teks3 = "tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 6 :
    teks1 = "5-Pecahkan telur";
    teks2 = "Tuang ke teflon";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 11 :
    teks1 = "6-Balik telur";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 1' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k=k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "telur jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();

```

```

        k = k+1;
    break;
    case 17 :
        teks1 = "8-Tiriskan telur";
        teks2 = "Tekan 'OK'";
        teks3 = "Tekan 'NEXT'";
        suhutarget = 0;
        pause = 1;
    break;
    case 18 :
        teks1 = "tunggu...";
        teks2 = "";
        teks3 = "";
        k = 0;
        n = 0;
        setMillis(0);
        pause = 1;
    break;
}

//-----RESEP 2. SCALLOP IKAN-----
//-----//
void scallop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
    case 0 :
        teks1 = "Selamat memasak";
        teks2 = "Scallop Ikan";
        teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
        pause = 1;
    break;
    case 1 :
        teks1 = "1-Siapkan +/-200ml";
        teks2 = "minyak goreng, dan";
        teks3 = "2-5 Scallop ikan";
        pause = 1;
    break;

```



```

case 2 :
    teks1 = "2-Tuangkan minyak";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Tunggu minyak";
    teks2 = "panas,";
    teks3 = "Tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 5 :
    teks1 = "4-Masukkan scallop";
    teks2 = "ikan";
    teks3 = "Tunggu 4' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "5-Balik scallop";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 22 :
    teks1 = "6-Balik scallop";
    teks2 = "lagi";
    teks3 = "Tunggu 30 detik";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;

```

```

break;
case 24 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "scallop jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 25 :
    teks1 = "Tiriskan scallop";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 26 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 3. ROTI BAKAR-----
//-----//
void roti(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat membakar";
            teks2 = "Roti bakar crispy";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";

```

```
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "1-Siapkan 1 potong";
    teks2 = "roti tawar,margarin";
    teks3 = "& susu/mises";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "2-Oleskan margarin";
    teks2 = "secara merata pada";
    teks3 = "dua sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Taburkan mises";
    teks2 = "secara merata";
    teks3 = "pada 1 sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Lipat roti,";
    teks2 = "mises ada di";
    teks3 = "sisi dalam";
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "5-Letakkan roti";
    teks2 = "Nyalakan kompor:";
    teks3 = "Tekan 'OK'";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "6-Tunggu 2 menit";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    pause = 0;
```



```

break;
case 10 :
    teks1 = "7-Balik roti";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "8-Bolak-balik";
    teks2 = "roti jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 17 :
    teks1 = "Matikan kompor:";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 18 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

```
//-----RESEP 4. SAYUR SOP-----  
-----//
```

```
void sop(int menit)  
{  
    switch (menit)  
    {  
        case 0 :  
            teks1 = "Selamat memasak";  
            teks2 = "Sayur Sop";  
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 1 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 wortel +/- 1 ons,";  
            teks3 = "cuci, iris +/- 0.5 cm";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 2 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 kentang +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, potong kotak2";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 3 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 kol +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, iris tipis2";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 4 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 buncis +/- 1 ons";  
            teks3 = "cuci, potong +/- 5 cm";  
            pause = 1;  
        break;  
        case 5 :  
            teks1 = "#bahan:";  
            teks2 = "1 daun bawang";
```

```

    teks3 = "cuci, iris tipis2";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "2 batang daun";
    teks3 = "seledri";
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "Air 300ml";
    teks3 = "atau secukupnya";
    pause = 1;
break;
case 8 :
    teks1 = "#bahan bumbu:";
    teks2 = "1 sdt garam &";
    teks3 = "2 sdm bumbu sop jadi";
    pause = 1;
break;
case 9 :
    teks1 = "JANGAN LUPA SEMUA";
    teks2 = "BAHAN DIPISAHKAN";
    teks3 = "MULAI MEMASAK >";
    pause = 1;
break;
case 10 :
    teks1 = "Tuang +/- 300 ml air";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 11 :
    teks1 = "Biarkan air mendidih";
    teks2 = "Tunggu 3 menit";
    teks3 = "";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);

```



```

break;
case 17 :
    teks1 = "Masukkan wortel";
    teks2 = "buncis, dan kentang";
    teks3 = "Tunggu 10 menit";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 38 :
    teks1 = "Masukkan bahan";
    teks2 = "yang tersisa";
    teks3 = "";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 40 :
    teks1 = "Masukkan bumbu,";
    teks2 = "garam. Aduk rata!";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 47 :
    teks1 = "Sop siap dihidangkan";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    buzzer();
    k = k+1;
    pause = 1;
break;
case 49 :
    teks1 = "tunggu...";

```

```

    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
    break;
}
}

//-----RESEP 5. Manual-----
--//
void manual(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Nyalakan kompor:";
            teks2 = "Tekan 'OK'";
            teks3 = "Tekan 'NEXT'";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "-->> API KECIL <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api besar";
            pause = 1;
            myservo.write(85);
            break;
        case 2 :
            teks1 = "-->> API BESAR <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api kecil";
            pause = 1;
            myservo.write(98);
            break;
        case 3 :
            teks1 = "tunggu";
            teks2 = "";

```

```

    teks3 = "";
    k = 1;
    pause = 1;
    break;
}
}

void suhu() //KONTROL PI
{
    float baca = thermocouple.readCelsius();
    //Kontrol Integratif
    error_0 = error;
    error = suhutarget-baca;
    error_t = error + error_0;
    Iout = 0.0425*error_t; //Ki = 0.0425
    //Kontrol Proporsional
    Pout = error*2.55; //Kp = 2.55
    //Kontrol PI
    pi = Iout + Pout;
    pos = 84 + pi; //84 = posisi minimal servo
    if (pos > 95)
    {pos = 95;}
    else if (pos < 84)
    {pos = 84;}
    myservo.write(pos);
}

void nyala()
{
    if (digitalRead(3) == HIGH) //tombol back
    ditekan
    {
        while (digitalRead(3)==HIGH){}
        if (m == 1)
        {
            myservo.write(175); //real pos ignition
155
            delay(1000);
            myservo.write(84); //nyala api terkecil

```



```
        digitalWrite(A1, HIGH);  
        delay(500);  
    }  
    else if (m == 2)  
    {  
        myservo.write(40);  
        digitalWrite(A1, HIGH);  
        delay(500);  
        m = 0;  
    }  
    else if (m==3)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=1;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==4)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=2;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==5)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=3;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==6)  
    {  
        buzzer();  
        k=0;  
        n=4;  
        m=0;  
    }  
    else if (m==7)
```

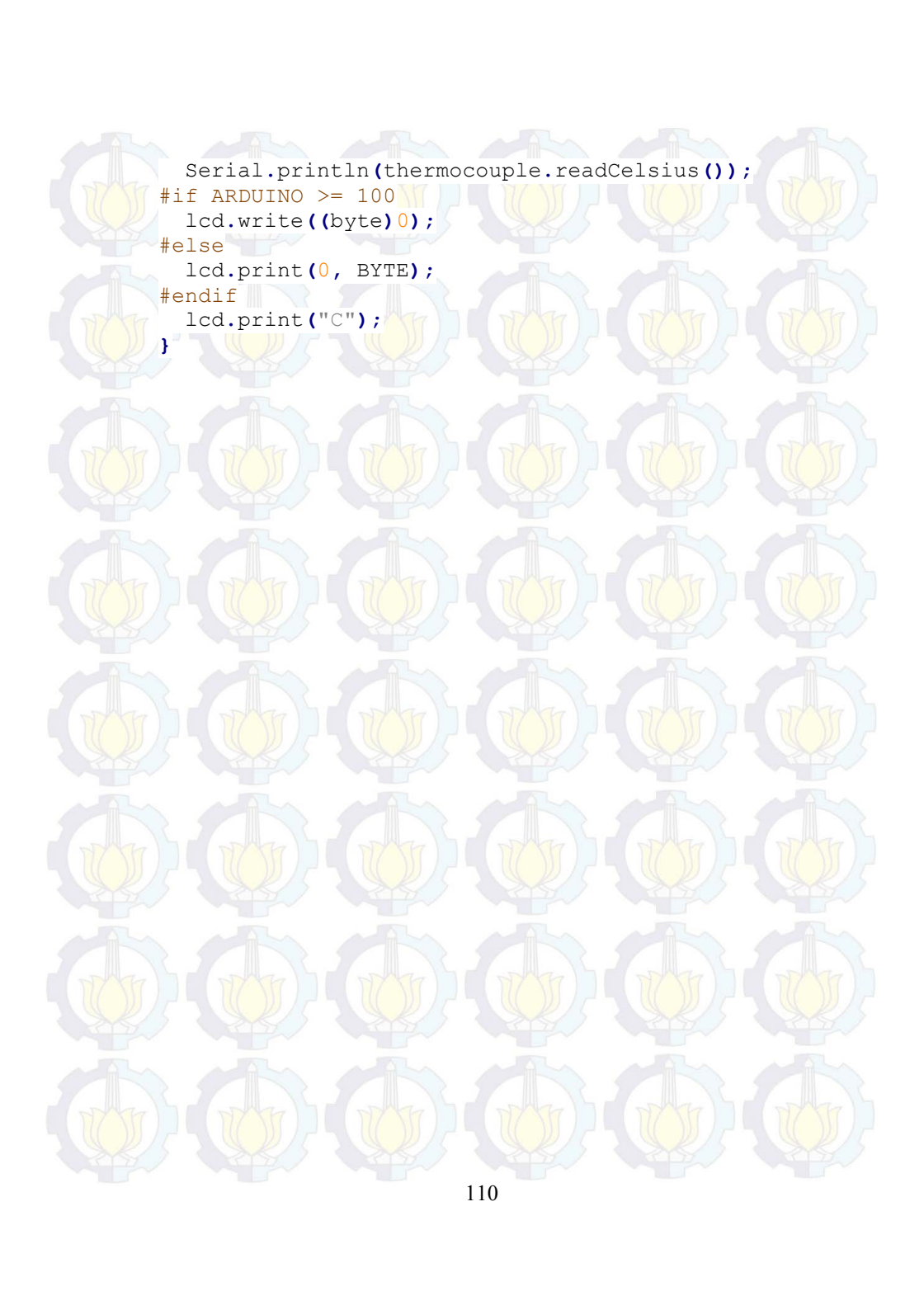
```

    {
        buzzer();
        k=0;
        n=5;
        m=0;
    }
    m = m+1;
}
else
{
    digitalWrite(A1, LOW);
}
}

void buzzer()
{
    digitalWrite(A1, HIGH); //buzzer
    delay(500);
    digitalWrite(A1, LOW);
}

void rutin()
{
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("
"); //blank
space
    if (pause == 0)
    {
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print((millis()/1000)/60); //minute
        lcd.setCursor(2,3);
        lcd.print("''");
        lcd.setCursor(3,3);
        lcd.print((millis()/1000)%60); //second
        lcd.setCursor(5,3);
        lcd.print("''");
    }
    lcd.setCursor(12,3);
    lcd.print(thermocouple.readCelsius());

```



```
Serial.println(thermocouple.readCelsius());  
#if ARDUINO >= 100  
  lcd.write((byte)0);  
#else  
  lcd.print(0, BYTE);  
#endif  
  lcd.print("C");  
}
```